

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství**

**Katedra kontroly a řízení jakosti**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Návrh zavedení statistické regulace na proces válcování tyčí.**

**Design of Statistical Control Implementation on Bar Rolling  
Process.**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství  
Katedra kontroly a řízení jakosti

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Bogdan Woska**

Studijní program: N3922 Ekonomika a řízení průmyslových systémů

Studijní obor: 3902T041 Management jakosti

Téma: **Návrh zavedení statistické regulace na proces válcování tyčí.**  
**Design of Statistical Control Implementation on Bar Rolling Process.**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte teoretická východiska řešeného problému.
2. Analyzujte stávající způsob výroby tyčí na daném provozu a kontrolní operace spojené s tímto procesem.
3. Navrhněte systém statistické regulace zvoleného procesu.
4. Realizovatelnost návrhu prakticky ověřte.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D.: Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000, 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
2. FABIAN, F. a kol.: Statistické metody řízení jakosti. Praha: ČSJ, 2007, 390 s. ISBN 978-80-02-01897-1.
3. Mittag, H. J.- Rhine, H.: Statistische Methoden der Qualitätssicherung. München/Wien: Hanser Verlag, 1995, 597 s. ISBN 978-344 618 062.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Darja Noskievičová, CSc.**

Konzultant diplomové práce: **Ing. Lech Buzek**

Datum zadání: 15. 11. 2010

Datum odevzdání: 20. 04. 2011

prof. Ing. Jiří Plura, CSc.  
*vedoucí katedry*



prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.  
*děkan fakulty*

# Zásady pro vypracování diplomové práce

## I.

Diplomovou prací (dále jen DP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

## II.

### Uspořádání diplomové práce:

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list                              | 5. Obsah DP                  |
| 2. Zásady pro vypracování DP                 | 6. Textová část DP           |
| 3. Prohlášení + místopřisežné prohlášení     | 7. Seznam použité literatury |
| 4. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | 8. Přílohy                   |

ad 1) Titulním listem je originál zadání DP, který student obdrží na své oborové katedře.

ad 2) Tyto „Zásady pro vypracování diplomové práce“ následují za titulním listem.

ad 3) Prohlášení + místopřisežné prohlášení napsané na zvláštním listě (student jej obdrží na své oborové katedře) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání DP. *V případě, že DP vychází ze spolupráce s jinými právníky a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právníké nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním DP.*

ad 4) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listě česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 5) Obsah DP se uvádí na zvláštním listě. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části DP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 6) Textová část DP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním DP;
- Vlastní rozpracování DP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků DP z hlediska stanoveného zadání.

DP bude zpracována v rozsahu min. 45 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury). Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 8).



Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

- ad 7) DP bude obsahovat alespoň 15 literárních odkazů, z toho nejméně 5 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu DP.

- ad 8) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

### III.

Diplomovou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*  
*Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství*  
*Katedra .....*

uprostřed: *DIPLOMOVÁ PRÁCE*

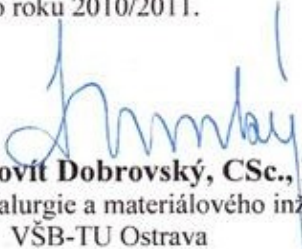
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON včetně abstraktu a klíčových slov v češtině a angličtině.

### IV.

Diplomová práce, která neodpovídá těmto zásadám, nemůže být přijata k obhajobě. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem magisterského, resp. navazujícího magisterského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2010/2011.

Ostrava 30. 11. 2010

  
**Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.**  
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství  
VŠB-TU Ostrava

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

**Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval(a) samostatně.**

V Ostravě, duben 2011

  
.....  
podpis (jméno a příjmení studenta)

Děkuji vedoucí diplomové práce prof. Ing. Darji Noskiewičové, CSc. za odborné podnětné rady a doporučení k této diplomové práci.

Děkuji svému konzultantovi Ing. Lechu Buzkovi za jeho pomoc a konzultace a vedení závodu za umožnění zpracování mé diplomové práce.

## **ANOTACE**

Téma diplomové práce: Návrh zavedení statistické regulace na proces válcování tyčí.

Tato diplomová práce se zabývá zavedením statistické regulace procesu výroby válcovaných tyčí. V prvních dvou částech je charakterizován podnik, závod, výrobní proces a produkt. Následuje analýza kvality výrobků a čtvrtá kapitola je věnována teoretickým východiskům zpracovávané problematiky. Po analýze současného stavu regulace výroby a kontroly válcovaných produktů se praktická část zaměřuje jednotlivé fáze SPC, včetně MSA a hodnocení způsobilosti procesu. Závěrečná část je věnována námětům ke zlepšení a celkovému shrnutí této práce.

## **Klíčová slova**

Statistická regulace procesu, analýza měřicího systému, regulační diagram, cílové regulační diagramy, způsobilost procesu.

## **ABSTRACT**

The theme of diploma thesis: Design of Statistical Control Implementation on Bar Rolling Process.

This thesis deals with implementation of statistical process control on bar rolling. Company, division, production process and product are characterized in the first two parts. Analysis of the product quality follows. The fourth chapter is dedicated to theoretical basis of processed problems. After the analysis of the present state of product regulation and control of the rolled products, the practical part focuses on individual phases SPC, including MSA, and classification of the process qualification. Final part is concerned with the subjects of the improvement and overall summary of this thesis.

## **KEYWORDS**

Statistical Process control, Measurement System Analysis, Control Chart, Target Control Charts, Process Capability.

## Obsah

<b>1</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CHARAKTERISTIKA ŽDB GROUP A. S. A JEJICH PRODUKTŮ ...</b>	<b>4</b>
3.1	Významné historické mezníky .....	4
3.2	Výrobní program závodu Válcovna, ocelárna a recyklace.....	5
3.3	Systém řízení .....	5
3.3.1	Vymezení úrovní řízení .....	5
3.3.2	Vnitřní organizační útvary.....	6
3.3.3	Soustava řídicích aktů .....	7
3.3.4	Komplexní systém managementu kvality .....	8
3.3.5	Systém managementu kvality v závodě Válcovna, ocelárna a recyklace .....	8
<b>4</b>	<b>CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO PROCESU A PRODUKTŮ PROVOZU VÁLCOVNA .....</b>	<b>10</b>
4.1	Výroba za tepla válcovaných tyčí .....	10
4.1.1	Stručný technologický popis výroby na Jemné trati provozu Válcovna....	10
4.1.2	Technologické zařízení provozu Válcovna .....	11
4.2	Základní údaje o výrobku .....	14
<b>5</b>	<b>ANALÝZA KVALITY VÝROBKŮ .....</b>	<b>16</b>
5.1	Podíl typů profilů na výrobě v provozu Válcovna.....	16
5.2	Neshodná výroba.....	18
5.3	Výběr výrobku a znaku kvality .....	22
<b>6</b>	<b>TEORETICKÁ VÝCHODISKA ZPRACOVÁVANÉ PROBLEMATIKY.....</b>	<b>23</b>
6.1	Statistická regulace procesu .....	23
6.2	Variabilita procesu.....	23
6.3	Fáze statistické regulace procesu.....	25



6.3.1	Přípravná fáze .....	25
6.3.2	Fáze zabezpečování statistické zvládnutosti a stability procesu .....	26
6.3.3	Fáze vlastní statistické regulace procesu .....	26
<b>6.4</b>	<b>Regulační diagramy .....</b>	<b>26</b>
6.4.1	Obecný postup sestavení a analýzy regulačního diagramu .....	27
6.4.2	Cílové regulační diagramy .....	30
<b>6.5</b>	<b>Hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření .....</b>	<b>32</b>
<b>6.6</b>	<b>Hodnocení způsobilosti procesu .....</b>	<b>35</b>
6.6.1	Indexy způsobilosti procesu .....	36
6.6.2	Vztah indexů způsobilosti $C_p$ a $C_{pk}$ .....	38
6.6.3	Diagram $\bar{y}; s$ .....	38
<b>7</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU REGULACE VÝROBY A KONTROLY VÁLCOVANÝCH PRODUKTŮ .....</b>	<b>39</b>
7.1	Výroba a kontrola .....	39
7.2	Současná regulace procesu výroby .....	40
7.3	Kontrola kvality produktu .....	40
7.4	Kalibrace měřidel .....	45
<b>8</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>46</b>
8.1	Přípravná fáze SPC .....	46
8.2	Analýza systému měření .....	47
8.2.1	Přípravná fáze .....	47
8.2.2	Vlastní měření .....	48
8.2.3	Vyhodnocení analýzy .....	48
<b>8.3</b>	<b>Ověření předpokladů o datech .....</b>	<b>58</b>
8.3.1	Normalita dat .....	58
8.3.2	Nezávislost dat .....	59
<b>8.4</b>	<b>Fáze zabezpečování statistické zvládnutosti procesu .....</b>	<b>62</b>
8.4.1	Regulační diagram pro výběrové rozpětí .....	62
8.4.2	Cílový regulační diagram pro výběrový průměr .....	63

8.5	Ověření způsobilosti procesu .....	65
8.5.1	Výpočet indexu $C_p$ a $C_{pk}$ .....	65
8.5.2	Vyhodnocení způsobilosti procesu .....	68
8.5.3	Sestrojení diagramu $\bar{y}$ ; $s$ .....	68
9	NÁMĚTY KE ZLEPŠENÍ.....	70
9.1	Záznamy měření závislé kontroly.....	70
9.2	Průběžná regulace procesu .....	70
9.3	Návrh zavedení automatické regulace procesu.....	72
9.4	Analýza způsobilosti procesu.....	72
9.5	Změna dokumentovaných postupů .....	73
9.6	Návrh ke zlepšení systému měření .....	73
10	ZÁVĚR .....	75
11	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	77
12	SEZNAM PŘÍLOH .....	79

# 1 SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\bar{x}$  – výběrový průměr

$A_2$  – součinitel pro regulační meze

AV – reprodukovatelnost měření

C – cílová hodnota

$C_g$  – index způsobilosti měřících prostředků (zohledňuje pouze shodnost měření)

$C_{gk}$  – index způsobilosti měřících prostředků (zohledňuje shodnost i strannost)

CL – centrální přímka

$C_p$  – index způsobilosti procesu (zohledňuje pouze variabilitu)

$C_{pk}$  – index způsobilosti procesu (zohledňuje variabilitu i polohu vůči tolerančním mezím)

CRD – cílový regulační diagram

CUSUM – metoda kumulovaných součtů

ČSN – české technické normy

$d_2$  – součinitel pro centrální přímku

$d_3$  – součinitel pro regulační meze

$d_4$  – součinitel pro regulační meze

DTP – detailní technologický předpis

EFQM – European Foundation for Duality Management

EN – evropská norma

EŘ – ekonomický ředitel

EV – opakovatelnost měření

EWMA – exponenciálně vážený klouzavý průměr

GRR – opakovatelnost a reprodukovatelnost měření

GŘ – generální ředitel

$h$  – počet operátorů

HP – hotovní pořadí

$i$  – označení operátora

II. A – třída materiálu

ISO - Mezinárodní organizace pro normalizaci

$j$  – číslo měřeného kusu

JT – jemná trať

$k$  – pořadí opakovaného měření

KK – kontrola kvality

LSL – dolní regulační mez  
MK – mezioperační kontrola  
MSA – analýza systému měření  
 $n$  – počet opakovaných měření, rozsah podskupiny  
ndc – poměr citlivosti  
OCAP – akční plán kontroly při nevyhovění procesu  
ON – oborová norma  
OŘ – organizační řád  
OŘA – organizačně – řídicí akt  
PP – předválcovací pořadí  
PŘZ – pokyn ředitele závodu  
PV – variabilita mezi měřenými kusy  
 $r$  – počet naměřených kusů  
 $R$  – rozpětí  
RD – regulační diagram  
 $s$  – výběrová směrodatná odchylka  
SMK – systém managementu kvality  
SPC - statistická regulace procesu  
THP – technicko – hospodářský pracovník  
TQM – Total Quality Management  
TV – celková variabilita  
UH – tyč průřezu rovnoramenného a nerovnoramenného L, úhelník  
USL – horní regulační mez  
VK – vstupní kontrola  
VOÚ – vnitřní organizační útvar  
ZGŘPK – zmocněnec generálního ředitele pro kvalitu  
zVOaR – závod Válcovna, ocelárna a recyklace  
 $\mu$  – střední hodnota  
 $\sigma$  – směrodatná odchylka

## 2 ÚVOD

Stav současného trhu je charakterizován rozsáhlou nabídkou výrobků a služeb. Přesycený trh, vzrůstající požadavky zákazníků a velká konkurence výrazně ovlivňují úspěšnost firem. Tuto úspěšnost již nejde ovlivnit pouze růstem produkce, ale je nutno klást důraz na kvalitu, která se stává důležitým prostředkem k dosažení konkurenceschopnosti firmy a její prosperity.

Nedílnou součástí řízení podniku je neustálé zlepšování kvality, na základě pravidelných analýz kvality výrobků a služeb, při současném využívání moderních metod a nástrojů managementu kvality a jejich aplikace v praxi.

Variabilita je průvodním jevem všech procesů a jejich výstupů. Jejím ignorováním dochází k neefektivnosti vlastního procesu a nemalým ztrátám. Vhodným nástrojem k implementaci, mající preventivní charakter, je v tomto případě statistická regulace procesu (SPC). K základním cílům SPC patří trvalé prohlubování znalostí o procesu, snižování kolísavosti znaků kvality, zlepšování celkové úrovně procesu jeho řízením.

Tématem této diplomové práce je „*Návrh zavedení statistické regulace na proces válcování tyčí*“. Práce je zaměřena na zdokonalení současného systému kvality závodu Válcovna, ocelárna a recyklace pomocí SPC. Cílem je snížení výskytu neshodné výroby, snížení variability znaků kvality, udržení procesu v stabilní a požadované úrovni.

Práce bude řešena v provozu Válcovna na procesu válcování tyčí.

V této práci je na začátku charakterizován podnik a výrobní závod, výrobní proces a produkty. Následně je provedena analýza výrobků a dále v teoretické části jsou uvedena východiska zpracovávané problematiky.

Praktická část se zaměřuje na vlastní návrh SPC včetně přípravné fáze, analýzy systému měření, ověření předpokladů o datech až po fázi zabezpečení statistické zvládnutosti a ověření způsobilosti procesu. V závěrečné části jsou pak uvedeny náměty ke zlepšení a celkové vyhodnocení.



### **3 CHARAKTERISTIKA ŽDB GROUP A. S. A JEJICH PRODUKTŮ**

#### **3.1 Významné historické mezníky**

- Albert Hahn a Heinrich Eisner zakládají v Bohumíně roku 1885 rourovnu.
- Byla zahájena výroba litinových radiátorů (1888).
- V roce 1896 jsou Moravskoslezskou akciovou společností pro drátěný průmysl postaveny drátovny.
- Je uvedena do provozu první linka na výrobu zinkovaného drátu v Evropě (1906).
- Výroba ocelových lan z nízkouhlíkových ocelí a mědi je zavedena v roce 1913.
- Patentovaný drát se začíná vyrábět v roce 1927.
- Výroba pružin je zahájena v průběhu roku 1949.
- Spojení dvou původně samostatných podniků do jedné firmy s názvem Železářny a drátovny Bohumín (1958).
- Je ukončen provoz rourovny (1966).
- V roce 1978 se zahajuje výroba ocelových kordů a patních lanových kordů do pneumatik.
- Státní podnik Železářny a drátovny Bohumín je převeden na akciovou společnost s názvem ŽDB a.s. roku 1993.
- Závod železniční dvojkolí je vyčleněn do samostatné firmy s názvem BONATRANS a.s. (1999).
- Základní kapitál dceřiné společnosti AZ FIN servis, s.r.o. (dříve AZ finance, s.r.o.) se zvyšuje, a to formou nepeněžního vkladu v podobě části podniku, kterou představovala do té doby samostatná organizační složka podniku označena názvem Dodavatelský závod (2000).
- Proces soudního vyrovnání v letech 2000 – 2002, kdy společnost v zákonné lhůtě splnila své závazky vůči všem nepřednostním věřitelům a uspokojila v plné výši i nároky oddělených věřitelů.

- Řádná valná hromada ŽDB a.s. dne 20. června 2006 schválila zrušení společnosti ŽDB a.s. bez likvidace s převodem obchodního jmění na hlavního akcionáře, jakož i návrh smlouvy o převzetí obchodního jmění hlavním akcionářem. Valná hromada rovněž schválila konečnou účetní závěrku společnosti ŽDB a.s. (včetně výroku auditora a návrhu na rozdělení zisku) k datu 31. prosince 2005.
- Počínaje 1. srpnem 2006 působí společnost ŽDB GROUP a.s. jako nástupnická organizace společnosti ŽDB a.s. v důsledku uskutečněného procesu převzetí obchodního jmění. V souvislosti s tímto procesem probíhá od tohoto data výplata přiměřeného vypořádání v penězích minoritním akcionářům zaniklé společnosti ŽDB a.s. [ 16 ].

### **3.2 Výrobní program závodu Válcovna, ocelárna a recyklace**

V závodě Válcovna, ocelárna a recyklace se vyrábějí:

- za tepla válcované tyče (tyč kruhová, tyč čtvercová, tyč plochá, tyč speciální, tyč průřezu L rovnoramenného a nerovnoramenného, tyč průřezu T ),
- ocelové ingoty,
- zpracování kovového odpadu, likvidace dopravně-manipulačních prostředků, strojů, strojních zařízení, konstrukcí, potrubních řádů, technologických celků atd.,
- nákladní autodoprava.

### **3.3 Systém řízení**

Organizaci a systém řízení v ŽDB GROUP a.s. vymezuje Organizační řád (OŘ), který je závazný pro všechny útvary a zaměstnance společnosti. OŘ jako základní OŘA vymezuje právní nastavení společnosti, předmět podnikání, ochranné známky, organizační uspořádání a stupně řízení, názvy závodů a jejich výrobní program, orgány společnosti, postavení a pravomoc generálního ředitele, jednání a podepisování za společnost.

#### **3.3.1 Vymezení úrovně řízení**

V rámci ŽDB GROUP a.s. je uplatňován systém dvoustupňového řízení.

Základními stupni řízení jsou:

- Vedení a.s. ŽDB GROUP, které tvoří GŘ a EŘ zabezpečující funkce vrcholového řízení prostřednictvím svých úseků.
- Vnitřní organizační útvary (dále VOÚ), kterými jsou odbory přímo podřízené GŘ nebo EŘ a závody podřízené GŘ.

Rozsah kompetencí, kterými jsou jednotlivé stupně řízení vybaveny, je stanoven v zavedeném dokumentu **ZD 152 „Kompetence stupňů řízení a.s. – řízení závodu“**.

V rámci VOÚ existují zpravidla i další stupně řízení (provoz, dílna, oddělení apod.), které si VOÚ vytváří dle své potřeby. Stanovení struktury VOÚ je v jejich vlastní kompetenci. Vztahy mezi jednotlivými stupni řízení jsou uplatňovány v souladu se zásadami ekonomického řízení s respektováním organizační struktury.

### **3.3.2 Vnitřní organizační útvary**

Organizační struktura a.s.ŽDB GROUP je stanovena principem dvoustupňového řízení a tvořena vnitřními organizačními útvary a jejich vztahy vzájemné spolupráce.

Hlavním úkolem VOÚ je zajišťovat výrobní, hospodářské a jiné činnosti na svěřeném úseku.

VOÚ nemají právní subjektivitu. Vystupují v právních vztazích, vznikajících při vyvíjení určené a povolené hospodářské a jiné činnosti samostatně jménem ŽDB GROUP a.s. v souladu s obecně závaznými právními předpisy, stanovami ŽDB GROUP a.s., tímto OŘ a navazujícími OŘA.

Odbor je VOÚ a je řízen vedoucím odboru v podřízenosti:

- GŘ,
- EŘ

a zabezpečuje výkon činnosti zajišťující řízení příslušné funkce v ŽDB GROUP a.s.

Závod je VOÚ a je řízen ředitelem závodu v podřízenosti GŘ. Zabezpečuje při uplatňování příslušných rozhodovacích pravomocí v rámci relativní ekonomické samostatnosti příslušné funkce (technické, ekonomické, obchodní atd.) nutné k vlastnímu fungování a výkonu činností v rozsahu předmětu podnikání a svěřených kompetencí. Způsob vnitřního organizačního uspořádání závodu je v kompetenci jeho ředitele.

Základním organizačním prvkem je funkční (pracovní) místo, které je vázáno na výkon konkrétních činností v rámci působnosti útvaru, kterého je součástí. Pracovní náplň funkčního místa je popsána v popisu pracovního místa.

Popisy pracovních míst se zpracovávají pro dělníky i THP.

Pro zajištění některých činností v systému kvality v závodě byly vytvořeny funkce, do kterých jsou zaměstnanci jmenováni (určení).

Jedná se zejména o tyto funkce:

- tajemník pracovního týmu kvality závodu,
- závodový interní auditor,
- normalizační důvěrník,
- pracovník odpovědný za měrový pořádek,
- konzultant pro statistické metody,
- pracovník odpovědný za vedení kartotéky dodavatelů,
- pracovník určený pro objednávání externí dopravy,
- pracovník odpovědný za nákup externích zkoušek.

Pro uvedené určené zaměstnance jsou v OŘA ŽDB GROUP a.s. stanoveny kvalifikační požadavky.

### **3.3.3 Soustava řídicích aktů**

Organizace, řízení a správa jsou upraveny soustavou obecně závazných právních předpisů, OŘA vedených GŘ a dalšími oprávněnými vedoucími zaměstnanci. Posláním OŘA ŽDB GROUP a.s. je účelné a jednoznačné uspořádání působnosti a vztahů útvarů vedení ŽDB GROUP a.s. a závodů, stanovení pravomocí a odpovědností zaměstnanců v souladu se závaznými právními předpisy.

Struktura OŘA je zakotvena v *ON 2 „Řízení dokumentů“* včetně zásad jejich tvorby, vydávání, změn a evidence.

### **3.3.4 Komplexní systém managementu kvality**

ŽDB GROUP a.s. jako člen organizace EFQM se zavázala naplňovat principy EFQM Modelu Excellence, který vychází z následujících zásad:

- vedení a vedoucí zaměstnanci jsou zapojeni do TQM, aktivně řídí proces zlepšování, řídí vztahy se všemi zainteresovanými stranami,
- ve firmě je přijímána, organizována, formulována, rozšiřována, přezkoumávána strategie firmy a převáděna do plánů a aktivit,
- firma využívá celkový potenciál lidských zdrojů,
- firma efektivně a účinně řídí své zdroje,
- procesy probíhající ve firmě jsou zaměřeny na uspokojování všech zainteresovaných stran,
- dosahovat ve firmě příznivých hospodářských výsledků ve vztahu k plánovaným podnikatelským cílům při uspokojování potřeb a očekávání všech zainteresovaných stran.

### **3.3.5 Systém managementu kvality v závodě Válcovna, ocelárna a recyklace**

Závod VOaR uplatňuje a udržuje vytvořený a dokumentovaný SMK a neustále zlepšuje jeho efektivnost (držitelem certifikátu systému kvality je závod od roku 1993).

Plnění požadavků specifikovaných pro SMK normou ISO 9001 platí pro všechny zaměstnance závodu v konkrétním okruhu jejich působnosti. Tyto požadavky jsou zapracovány v příslušných OŘA určujících procesy, jejich souvislosti, náležitosti, činnosti, postupy a způsoby jejich zabezpečení se stanovenými odpovědnostmi.

V souladu s organizačními schématy a v souladu s funkčním schématem SMK, viz příloha č. 1, jsou za veškeré procesy a činnosti SMK vrcholově odpovědni GŘ a ZGŘPK. Tyto odpovědnosti jsou pak delegovány na nižší úroveň v organizačním řádu ŽDB GROUP a.s. a v příslušných OŘA vydávaných na úrovni akciové společnosti.

Organizační schémata grafickou formou vyjadřují organizační a řídicí strukturu společnosti, viz příloha 2.

Platnost certifikátu je udržována v aktuální podobě na základě prováděných prodlužovacích a kontrolních auditů dle plánu a doložených výsledků.



Systém managementu kvality závodu určil potřebné procesy, jejich vzájemné vazby, vstupy a výstupy, kritéria procesů a metody potřebné pro zajištění, aby fungování a řízení těchto procesů bylo efektivní, určil dostupnost zdrojů a informací nezbytných pro podporu fungování procesů a pro jejich monitorování a stanovil postupy jak monitorovat, měřit a analyzovat tyto procesy a uplatňovat opatření nezbytná pro dosažení plánovaných výsledků a neustálé zlepšování.

Procesy v závodě jsou rozděleny do tří kategorií:

- Řídící procesy mají rozhodovací a regulační charakter.
- Dílčí realizační procesy a realizační procesy přispívají v rozhodující míře k úspěšnosti závodu a ke spokojenosti zákazníků. Zákazník je na začátku i na konci procesu.
- Podpůrné procesy doprovázejí realizační procesy a poskytují údaje a informace.

Vrcholové vedení určilo 16 procesů potřebných pro systém managementu kvality a pro jejich aplikaci v závodě s tím, že Výroba je rozčleněna na tři provozy. Všechny procesy jsou popsány a dokumentovány. Odpovědnost za jejich jednotlivé řízení je delegována na vedoucí odborných úseků a vedoucí výrobních procesů - garanty.

Rozdělení procesů a vzájemné vazby mezi nimi jsou znázorněny v „Mapě procesů zVOaR“ (viz příloha 3). V příručce kvality závodu jsou komentovány vztahy mezi jednotlivými procesy.

V příručce kvality závodu jsou komentovány vztahy mezi jednotlivými procesy.

V příslušných pokynech ředitele závodu jsou popsány jednotlivé vztahy a činnosti procesů detailněji tak, jak mají tyto činnosti probíhat s cílem dosažení splnění požadovaného účelu. U procesů je uplatňován požadavek na jejich neustálé zlepšování.

Garanty procesů SMK v závodě jsou vedoucí odborných úseků a vedoucí výrobních provozů [14] a [17].

## **4 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO PROCESU A PRODUKTŮ PROVOZU VÁLCOVNA**

Tato kapitola stručně popisuje technické zařízení a postup výroby v provozu Válcovna. Oblast řešení této práce začíná od stolice hotovního pořadí HP7 po hotový výrobek na chladicím loži.

### **4.1 Výroba za tepla válcovaných tyčí**

V provozu Válcovna se využívá technologií objemového tváření, kde z polotovaru (sochoru) se podélným válcováním za tepla vyrábí profilová ocel.

#### **4.1.1 Stručný technologický popis výroby na Jemné trati provozu Válcovna**

Výchozím materiálem pro válcování na Jemné trati jsou sochory kvadrát 100, 105, 108, 125 a 130 mm délky 1700 až 2550 mm od vnějších dodavatelů z oceli S235JR, S275JR, S355JR, S355J0 a S355J2 dle EN 10025-2:2004, oceli dle EN 10083-2:2006 (např. C60), ostatní oceli s výjimkou korozivzdorných a vysocелеgovaných dle rozhodnutí vedoucího technologa TÚ.

Sochory dodávané v násobcích přesných délek se skladují na sochorovém hospodářství, kde se dělí stříháním na požadované délky. Odtud se převážejí na provozní sklad sochorů a následně dopravují k ohřívací peci na plošinových vozech. Po zvážení se svazky sochorů ukládají do řetězového zavážecího zařízení, kde se rozdružují a válečkovým dopravníkem jsou dopravovány před tlačku, která je zatlačí do pece, kde se ohřívají na počáteční válcovací teplotu.

Po průchodu peci jsou ohřáté sochory bočně vytlačovány na sklopný stůl a odtud zaváděny válečkovým dopravníkem přes box ostříku okují pod manipulátor, který dopraví sochory na vstupní kyvný stůl TRIOstolice. Po proválcování je provalek z výstupního kyvného stolu TRIOstolice odveden pomocí výhybky a válečkového dopravníku do dvoustolicového předválcovacího pořadí. Rozvalky vystupující z tohoto předválcovacího pořadí jsou dále válcovány na pětistolicovém hotovním pořadí.

Po odválcování do tyčí se vyválcovaný materiál dělí na letmých nůžkách na chladnickové délky. Na chladicím loži se vývalky ochlazují a po ochlazení se dělí na pile

BRAUN nebo na koncových nůžkách na výrobní délky. Nadělené tyče se hromadí v zásobnících, kde se svazkují. Svazky válcovaného materiálu se váží na váze, před rovnáním na rovnačkách a před expedicí se skladují v „úpravářenské“ části nebo ve skladu.

#### **4.1.2 Technologické zařízení provozu Válcovna**

Schéma uspořádání výrobního zařízení provozu Válcovna je znázorněno v příloze č. 4.

##### ***Ohřívací pec***

Ohřívací pec Válcovny je narážecí, třízónová, se spodním předehřívacím, ohřívacím a vyrovnávacím pásmem. Vstupní materiál se sází čelně a je do pece tlačén tlačkou. Po průchodu pecí jsou ohřáté sochory vytlačeny bočně tlačkou na sklopný stůl a odtud po sklopní zaváděny válečkovým dopravníkem do boxu ostříku okují a pod manipulátor. Pec je průběžná jednořadá pro ohřev sochorů délky cca min. 1 700 mm až 2 550 mm. Je vytápěna degazačním plynem.

##### ***Ostřík primárních okují***

Zařízení pro ostřík okují je na trati provozováno jako doplňkové zařízení. Je-li zařízení provozováno, má vysokotlaká voda vliv na odstranění nežádoucích okují, které při zaválcování negativně ovlivňují kvalitu některých vývalků.

##### ***Předválcovací Trio stolice s kyvnými stoly***

Předválcovací Trio stolici tvoří dva otevřené ocelolitinové stojany. K základové desce jsou stojany připevněny základovými šrouby. Víko stolice je zajištěno hydraulickými maticemi, které jsou ke stojinám předejaty pomocí hydraulického zařízení. Předejínací zařízení tvoří hydraulické válce, které jsou upevněny šrouby k hlavě stojanu.

Stavění válců je ruční. Horní válec se staví tlakovým šroubem, spodní válec pomocí klínového zařízení. Střední válec je ve stojanu zabudován napevno. Pracovní válce jsou chlazené vodou z uzavřeného okruhu.

Před a za stolicí jsou umístěny kyvné stoly, osazené kalibrovanými valečky, pravítky a překlápěcím mechanismem. Toto zajišťuje správné zavedení vývalku do kalibrů. Pohled na stolicí a kyvné stoly zachycuje obr. 1.

Pohon zajišťuje asynchronní elektromotor o výkonu 1 100 kW, 740 ot. /min.

Válce trio stolice jsou z tvárné litiny, průměr horního max. 440 mm, středního max. 437 mm a spodního max. 434 mm.



Obr. 1 Trio stolice [ 8 ]

### ***Předválnovací pořadí PP1, PP2***

Otevřené předválnovací pořadí tvoří jedna trio a jedna duo stolice, uspořádané vedle sebe. Stavění válců je ruční, horní válce tlakovým šroubem a spodní válce stavěcím šroubem.

Válnovací stolicí tvoří dva otevřené ocelolitinové stojany, které jsou v horní části spojené rozpěrami a k základové desce připevněné základovými šrouby.

Okna stojanů jsou vyložena lištami pro pohyb ložiskových těles, do kterých se vkládají válce s valivými ložisky, která jsou mazána a chlazena systémem tlakového mazání tukem.

Válce jsou z tvárné a tvrzené litiny, průměr max. 475 mm. Pohon zajišťuje asynchronní elektromotor o výkonu 630 kW, 590 ot. /min.

Převodová skříň přenáší krouticí moment přes stolicí hřebenových válců na pracovní válce. Způsob vedení materiálu mezi stolicemi je dobře patrný na obr. 2.



Obr. 2 Stolice předválcovacího pořadí PP1 a PP2 [ 8 ]

### ***Stolice hotovního pořadí HP3, HP4, HP5***

Toto pořadí je otevřené a skládá se ze tří stolic („střídavé duo“) uspořádaných vedle sebe.

Válcovací stolice se skládá ze dvou otevřených ocelolitinových stojanů se snímatelnou hlavou připevněnou ke stojanu klíny. Stojany jsou v dolní části spojeny rozpěrami. Stavění válců je ruční. Horní válce se staví tlakovým šroubem a spodní válce klínovou maticí. Nastavování polohy dolního pracovního válce do válcovací úrovně se provádí vymezovacími podložkami podkládanými pod dolní ložisková tělesa pracovních válců. K základové desce jsou stojany připevněny základovými šrouby.

Válce jsou z tvárné a tvrzené litiny, průměr min. 266 mm a max. 320mm.

### ***Stolice hotovního pořadí HP6***

Válcovací stolice se skládá ze dvou otevřených ocelolitinových stojanů. Víko stolice je zajištěno hydraulickými maticemi, které jsou ke stojinám stojanů předeptaty pomocí předeptinacího zařízení. Předeptinací zařízení tvoří plunžry, které jsou upevněny šrouby k hlavě stojanu. Předeptinání válců je ruční. Horní válce se staví tlakovým šroubem a spodní válce klínovou maticí. Nastavování polohy dolního pracovního válce do válcovací úrovně se provádí vymezovacími podložkami podkládanými pod dolní ložisková tělesa pracovních válců. Pohon stolice zajišťuje stejnosměrný elektromotor.



Válce jsou z tvárné a tvrzené litiny, průměr min. 266 mm a max. 320mm.

### ***Stolice hotovního pořadí HP7***

Vlastní stolice je polostojanová koncepce, spojená čtyřmi výklopnými kotvami za horní ložisková tělesa. Kotvy jsou uchyceny pomocí válcovaných matic ve spodní části stojanu a hydraulicky předepruty v horní části ložiskových těles. Pracovní válce jsou uloženy na soudečkových ložiscích, která jsou mazána tukem. Výšková úroveň horního pracovního válce se ustavuje pomocí podložek vkládaných mezi stojany a horní ložisková tělesa. Spodní válec se výškově ustavuje pomocí spodního stavění. Stavění spodního válce je motorické. Axiální stavění je pouze u spodního válce, a to ručně pomocí pákového mechanismu.

Pohon zajišťuje stejnosměrný elektromotor a spojka. Teleskopický hřídel umožňuje požadovaný pojezd stolice při přestavování kalibrů a sesunutí hlav při jejich výměně.

Válce jsou z tvárné a tvrzené litiny, průměr min. 290 mm a max. 400 mm.

### ***Chladicí lože, dělení a úprava materiálu***

Vyválcovaný materiál vybíhá ze stolice hotovního pořadí na válečkový dopravník, následně se dělí na letmých nůžkách na chladňkové délky.

Vyválcovaný materiál je poté dělen na předepsané délky na koncových nůžkách nebo pilou BRAUN.

Pomocí válečkového dopravníku a řetězového převaděče je nadělený materiál přepravován do zásobníků a svazkován.

Materiál je pak uskladněn nebo vyrovnán na rovnačkách a uskladněn [ 7 ] a [ 8 ].

## **4.2 Základní údaje o výrobku**

- Výrobkem jsou za tepla válcované tyče z konstrukčních nelegovaných ocelí.
- Vyrábějí se ze standardně používaných značek ocelí:

S235JR, S275JR, S355JR, S355J0, S355J2.

- Při výrobě jsou naplňovány požadavky všeobecných technických dodacích podmínek ČSN EN 10025 – 1:2005 a technických dodacích podmínek pro nelegované konstrukční oceli, ČSN EN 10025 – 2:2005.
- Válcované tyče slouží ve stavebnictví v převážné míře jako konstrukční prvky určené k výrobě kovových dílců a ocelových konstrukcí.
- Rozměrové tolerance výrobku pro jednotlivé typy profilů stanoví rozměrové normy, uvedené v tabulce 1.
- Rozměrové tolerance výrobku pro tyče speciálního průřezu jsou určeny výkresovou dokumentací.

Aktuální rozdělení standardního sortimentu tyčí je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1 Rozdělení sortimentu tyčí [ 7 ].

Výrobek	Rozměry (mm)		Rozměrová norma
	od	do	
Tyče průřezu T	20	50	ČSN EN 10055:1997
	v tloušťce od 2,7 do 5 mm		
Tyče průřezu rovnoramenného a nerovnoramenného L	20	50	ČSN EN 10056-1:2003
	v tloušťce od 2,7 do 6 mm		ČSN EN 10056 –2:1995
Tyče ploché	16	80	ČSN EN 10058:2004
	v tloušťce od 4 do 18 mm		
Tyče čtvercové	10	25	ČSN EN 10059:2004
Tyče kruhové	10	25	ČSN EN 10060:2004
Tyče speciálních průřezů	V rozměrech dle výkresové dokumentace		

## 5 ANALÝZA KVALITY VÝROBKŮ

V této kapitole bude provedena analýza podílu jednotlivých profilů na celkové výrobě a analýza neshodné výroby z pohledu podílu jednotlivých vad na celkovém množství neshodné výroby.

Na základě provedených analýz bude vybrán vhodný výrobek a znak kvality k provedení statistické regulace procesu.

### 5.1 Podíl typů profilů na výrobě v provozu Válcovna

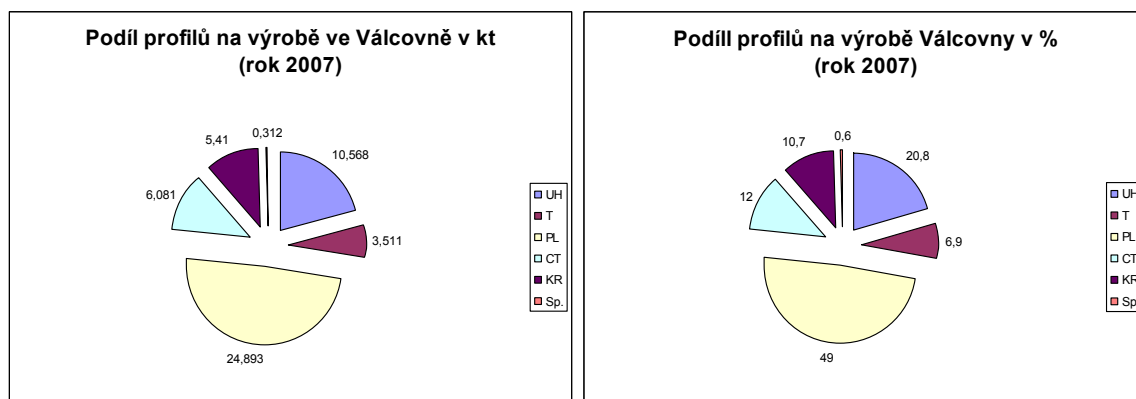
Pro analýzu podílu jednotlivých profilů na celkové výrobě bylo zvoleno období od roku 2007 do září 2010.

V provozu Válcovna se vyrábí tento sortiment typů výrobků:

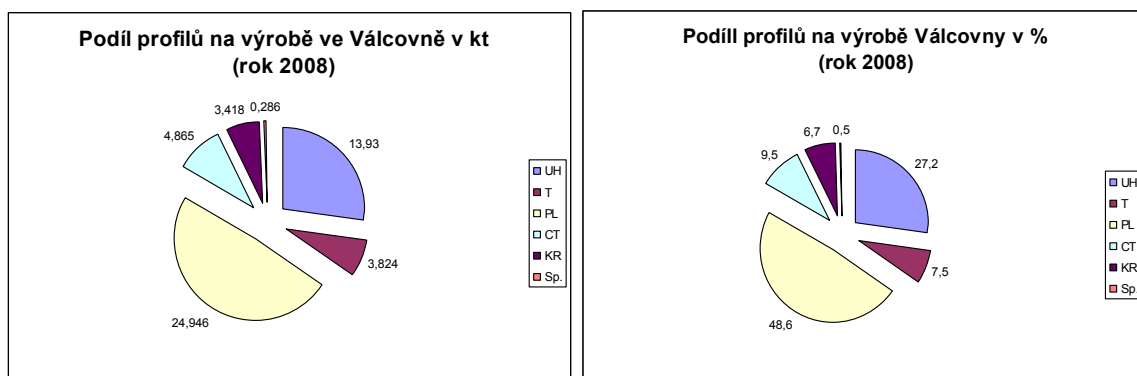
- tyče průřezu rovnoramenného a nerovnoramenného L,
- tyče průřezu T rovnoramenné,
- tyče ploché,
- tyče čtvercové,
- tyče kruhové,
- tyče speciální.

Tyto typy se vyrábějí v různých rozměrech, viz 4. 2.

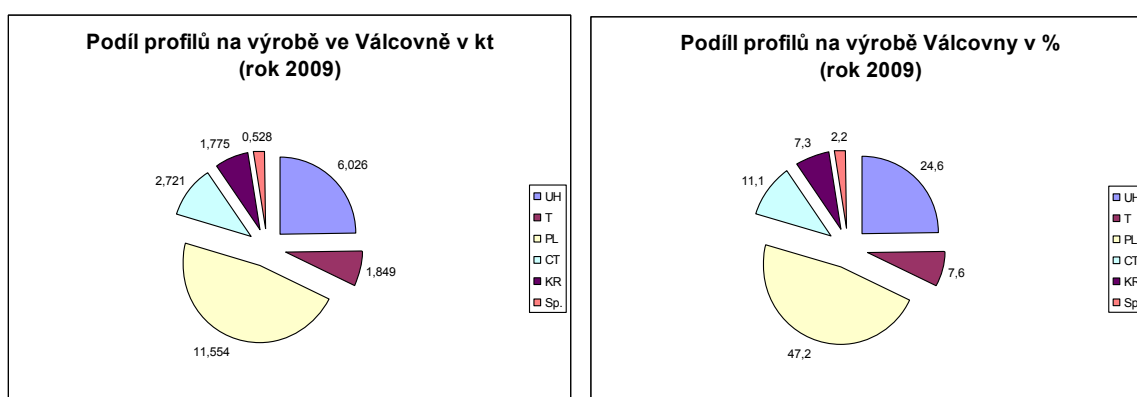
Vývoj podílu jednotlivých typů profilů na výrobě Válcovny v posledním období (rok 2007 – 2010) je znázorněn pomocí výsečových grafů postupně v jednotlivých letech sledovaného období, viz obr. 3 -7.



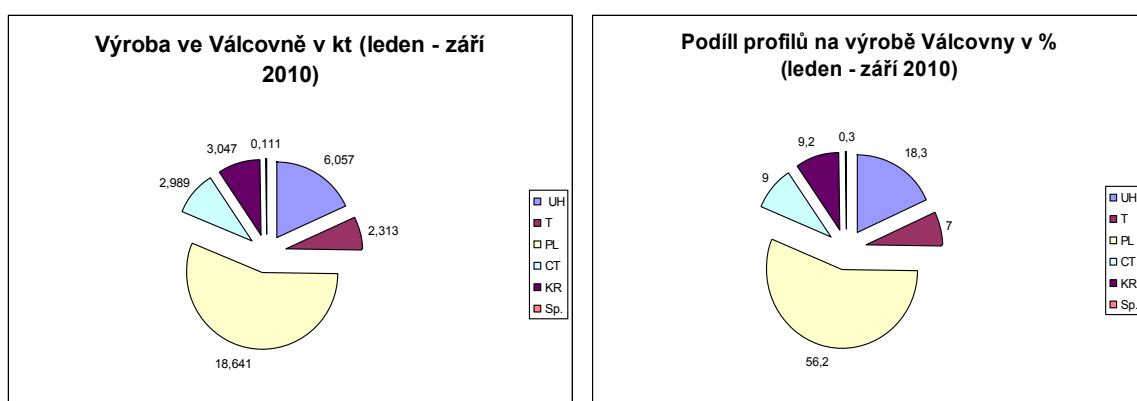
Obr. 3 Podíl profilů na výrobě Válcovny v kt a % za rok 2007



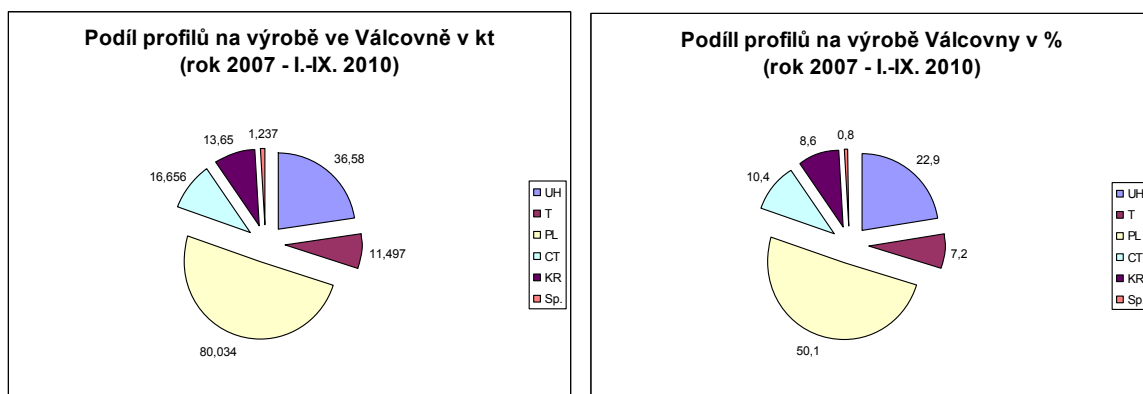
Obr. 4 Podíl profilů na výrobě Válcovny v kt a % za rok 2008



Obr. 5 Podíl profilů na výrobě Válcovny v kt a % za rok 2009



Obr. 6 Podíl profilů na výrobě Válcovny v kt a % za leden – září 2010



Obr. 7 Celkový podíl profilů na výrobě Válcovny v kt a % za období rok 2007 až leden – září 2010

Z analýzy výše zobrazených grafů podílů jednotlivých typů profilů na výrobě v kt a % na výrobě Válcovny po jednotlivých letech i celkem za sledované období je zřejmé, že podíl těchto profilů se výrazně neliší a můžeme brát procentuální podíl z obrázku č. 7 jako průměrný podíl profilů na výrobě Válcovny.

To, že se podíl jednotlivých profilů během uplynulých let výrazně nemění, má pozitivní vliv na výběr profilu k provedení SPC. Na základě provedené analýzy lze předpokládat, že podíl profilů na výrobě bude i v budoucnu obdobný.

## 5.2 Neshodná výroba

Neshodná výroba je v provozu Válcovna, stejně jako v celém závodě, pravidelně analyzována a vyhodnocována. Neshodná výroba se ve Válcovně rozlišuje na neshodnou výrobu a třídu II. A materiál.

Znaky kvality standardní výroby a II. A materiálu jsou specifikovány v „**Znaky kvality za tepla válcovaných tyč**“, viz příloha 5.

Do neshodné výroby jsou přeřazeny všechny výrobky nesplňující znaky kvality standardní výroby ani II. A materiálu.

Typy vad v provozu Válcovna jsou uvedené v **PŘZ 25 Řízení neshodného produktu**.

**Mezi nejčastěji vyskytující se vady patří:**

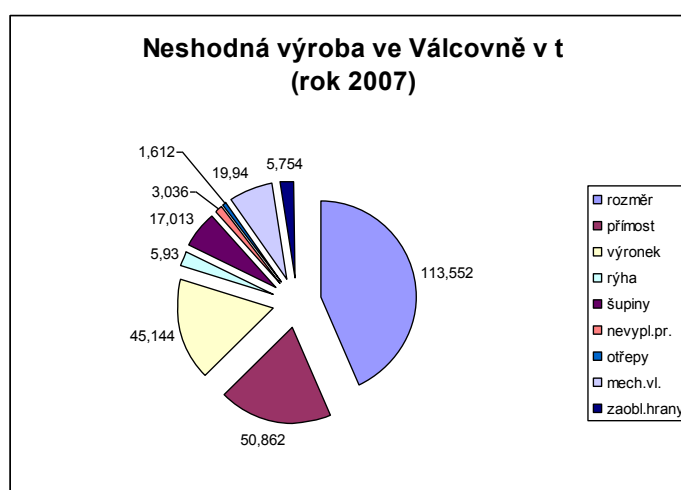
- nedodržení tolerance rozměrů („rozměr“);

- nedodržení max. odchylky přímosti („přímost“);
- výronek („výronek“);
- rýha („rýha“);
- nevyplněný průřez („nevypl. pr.“);
- otřepy („otřepy“);
- nedodržení mechanických vlastností („mech. vl.“);
- nedodržení max. zaoblení hran („zaobl. hran“);
- nedodržení max. odchylky zkroucení („zkroucení“);
- díry („díry“);
- přeložky („přeložky“).

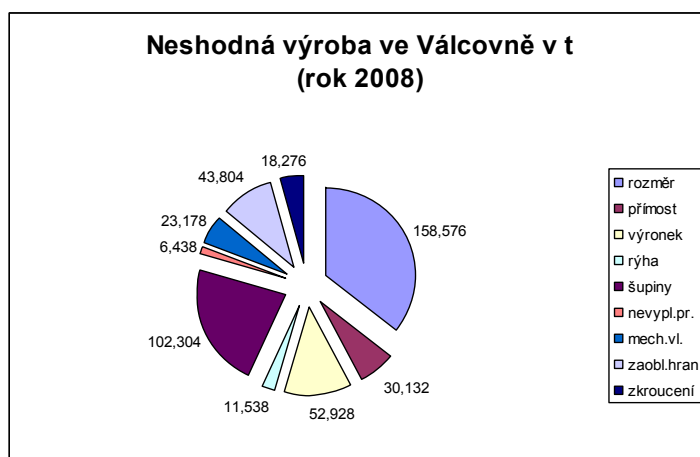
Rozdělení neshodné výroby podle druhů vad je znázorněno pomocí výsečových grafů. Sledované období pro analýzu neshodné výroby je identické se sledovaným obdobím pro analýzu podílu profilů na výrobě.

Podíl jednotlivých druhů vad na celkové výrobě Válcovny v t je viditelný na obr. 8 - 11.

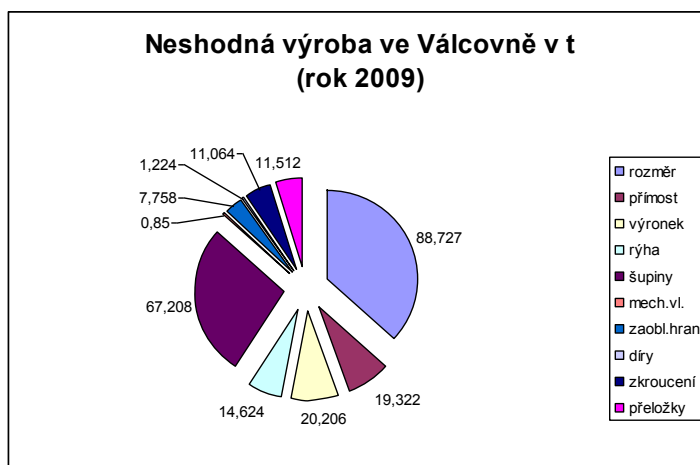
Obr. 12 zobrazuje podíl jednotlivých druhů vad v t za celé období a obr. 13 podíl v % za celé období.



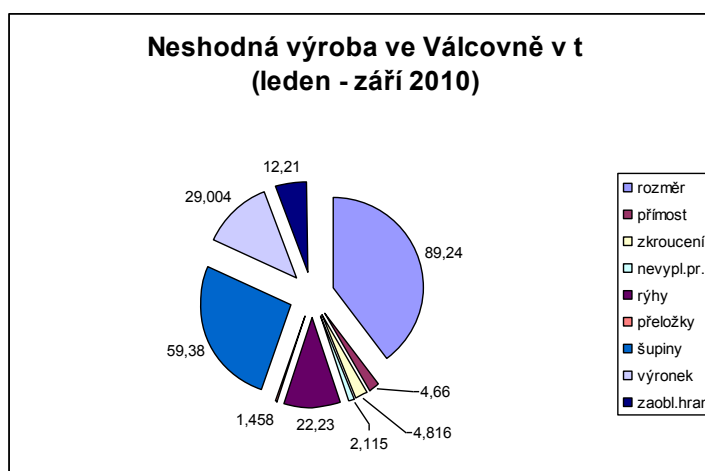
Obr. 8 Neshodná výroba ve Válcovně v t za rok 2007



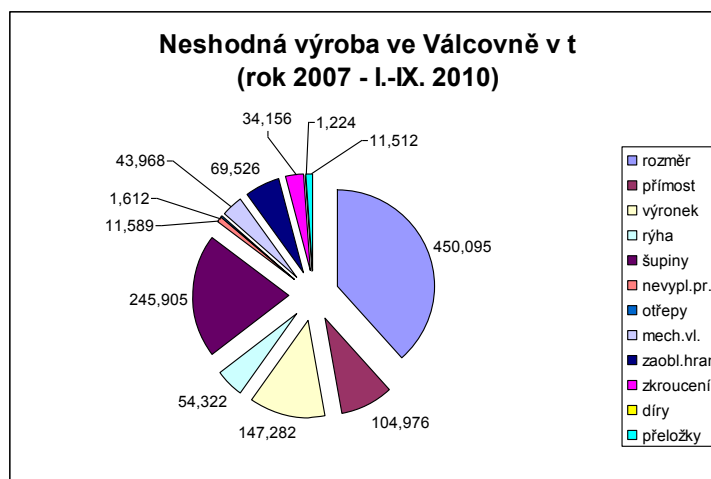
Obr. 9 Neshodná výroba ve Válcovně v t za rok 2008



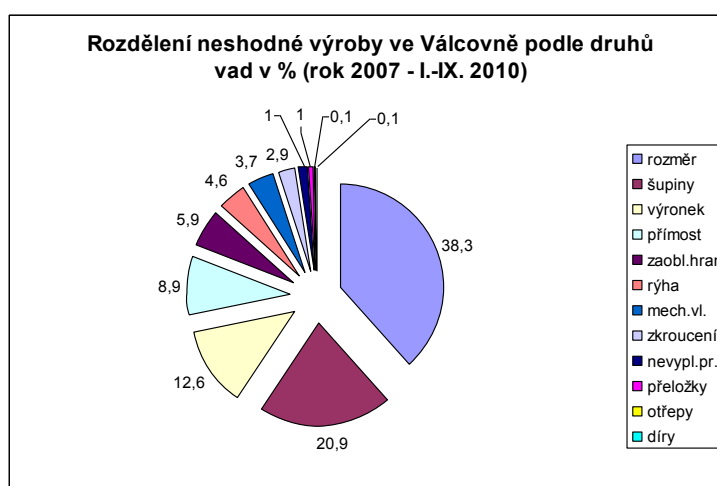
Obr. 10 Neshodná výroba ve Válcovně v t za rok 2009



Obr. 11 Neshodná výroba ve Válcovně v t za leden – září 2010



Obr. 12 Neshodná výroba ve Válcovně v t za období rok 2007 až leden – září 2010



Obr. 13 Neshodná výroba ve Válcovně v % za období rok 2007 až leden – září 2010

Z analýzy neshodné výroby provozu Válcovna podle druhů vad v t a v posledním grafu v %, lze konstatovat následující:

- Podíl jednotlivých vad na neshodné výrobě se v menší či větší míře liší v různých obdobích.
- Nedodržení tolerance rozměrů („rozměr“) má viditelně největší stálý podíl na neshodné výrobě.
- Tento podíl je velice dobře viditelný v grafech na obr. 12. a 13., ve kterých je zobrazeno celé sledované období (rok 2007 až leden – září 2010).
- Některé vady se vyskytují ojediněle v různých částech sledovaného období a nemají větší vliv na výskyt neshodné výroby.



### 5.3 Výběr výrobku a znaku kvality

Analýzou neshodné výroby bylo prokázáno, že největší podíl na neshodné výrobě má vada „*nedodržení tolerance rozměrů*“. Tento typ vady nejvíce a ve stejné míře ovlivňuje množství neshodné výroby.

Podrobnou analýzou „*Hlášení nejakostní výroby*“ a „*Hlášení o přeřazení do jiné třídy*“, viz. příloha č. 6 bylo zjištěno, že 78 % podíl z celkového množství vady „*nedodržení tolerance rozměrů*“ mají tyče průřezu rovnoramenného a nerovnoramenného L („úhelníky“) a z celkového množství neshodné výroby za sledované období u „úhelníků“ 82 % tvoří vada „*nedodržení tolerance rozměrů – šířky ramene*“.

**Pro zavedení statistické regulace procesu válcování tyčí byl proto vybrán výrobek - *tyče průřezu rovnoramenného a nerovnoramenného L* a jako znak kvality byl proto vybrán *„rozměr – šířka ramene“*.**

## **6 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ZPRACOVÁVANÉ PROBLEMATIKY**

Jedním ze sedmi základních nástrojů managementu kvality je regulační diagram, využívající grafické metody k posouzení variability procesu, který je ovlivňován náhodnými a vymezitelnými příčinami.

Tyto příčiny ovlivňují sledovaný znak jakosti a celý výrobní proces.

Cílem statistické regulace procesu je identifikace a eliminace signalizovaných poruch a udržovat proces ve stanovených regulačních mezích. Tato preventivní metoda výrazně snižuje náklady na třídění, mzdy, materiál a čas [ 6 ].

### **6.1 Statistická regulace procesu**

Statistická regulace procesu (SPC) představuje preventivní nástroj řízení jakosti, neboť na základě včasného odhalování významných odchylek v procesu od předem stanovené úrovně umožňuje realizovat zásahy do procesu s cílem udržovat jej dlouhodobě na přípustné a stabilní úrovni, popř. umožnit proces zlepšovat [ 12 ].

Dosahování a udržování procesu na požadované a stabilní úrovni jakosti je podmíněno důslednou analýzou variability procesu, při níž je třeba odhalit, jak proces funguje, jaké jsou jeho nedostatky a jejich příčiny, zda se opakují, na co mají vliv v procesu.

Statistickou regulaci procesu tedy můžeme definovat jako bezprostřední a průběžnou kontrolu procesu, která je založena na matematicko-statistickém vyhodnocení jakosti produktů. Poskytuje informaci pro operativní a včasné zásahy do procesu [ 11 ], [ 12 ] a [ 15 ].

### **6.2 Variabilita procesu**

Teorie statistické regulace procesu vychází z existence variability jako imanentní vlastnosti každého procesu, která způsobuje nedostatek jeho opakovatelnosti. I za relativně stálých podmínek působí na proces a jeho výstupy objektivně řada vlivů, které způsobují, že nelze vyprodukovat dva zcela totožné produkty. Je však možné tyto vlivy studovat a vytvářet podmínky, aby se variabilita procesu pohybovala ve svých přirozených mezích, byla stabilní, a aby bylo možné na základě znalosti přirozených mezí variability předvídat chování procesu v budoucnu. Snížení variability procesu pak znamená:

- stejnoměrnější výrobu,
- menší pravděpodobnost výskytu neshodných produktů,
- menší rozsah kontroly a nižší náklady na kontrolu a zkoušení,
- nižší náklady vyvolané poruchami procesu, produkováním odpadu a jednotek vyžadujících přepracování,
- více spokojených zákazníků.

Princip SPC vychází z členění variability na dva druhy: variabilitu vyvolanou náhodnými (přírozenými) příčinami a variabilitu vyvolanou příčinami vymezitelnými (identifikovatelnými).

### ***Náhodné příčiny***

Náhodné příčiny vytvářejí široký komplex jednotlivě neidentifikovatelných příčin, z nichž každá sama o sobě přispívá k celkové variabilitě malou měrou. Vyvolávají-li variabilitu procesu pouze tyto příčiny, lze ho charakterizovat následovně:

- proces je reprodukovatelný a jakost jeho výstupu je předvídatelná,
- proces je ve statisticky zvládnutém stavu. (Znamená to, že typ a parametry rozdělení znaku jakosti či parametru procesu, pomocí něhož hodnotíme variabilitu procesu, jsou známy a nemění se.)

### ***Vymezitelné příčiny***

Vymezitelné příčiny představují vliv zdrojů variability, které za běžných podmínek na proces nepůsobí. Vyvolávají reálné změny procesu, projevující se v nepřirozeném kolísání údajů, pomocí nichž variabilitu procesu hodnotíme.

Působí-li na proces i tyto příčiny, lze je popsat jako:

- proces není reprodukovatelný a jakost jeho výstupů není předvídatelná,
- proces není statisticky stabilní. (Typ a parametry rozdělení znaku jakosti či parametru procesu se v čase mění.)

Vymezitelné příčiny se dále dělí na:

- příčiny sporadické – vznikají náhle, vyvolávají změny procesu trvající krátkou dobu,

- příčiny přetrvávající – vyvolávají určitou dobu trvající odchylky v parametrech rozdělení regulované veličiny, pomocí níž sledujeme a hodnotíme chování procesu [ 11 ], [ 13 ] a [ 15 ].

### **6.3 Fáze statistické regulace procesu**

Statistická regulace procesu není jednoduchou záležitostí. Jde o proces složený z následujících fází:

#### **6.3.1 Přípravná fáze**

V rámci přípravné fáze je nutno provést řadu činností.

Jsou to:

1. Identifikace cíle regulace a tomu odpovídajících dat, jejichž sběr je třeba provést.
2. Stanovení znaků jakosti nebo parametrů procesu a kontrolních míst procesu.
3. Volba vhodné měřicí metody získání vybraných hodnot zvoleného znaku jakosti či parametru procesu.
4. Volba vhodné délky kontrolního intervalu, zejména podle charakteru technologie, délky výrobního cyklu, pracnosti odběru jednotek do podskupiny a rychlosti procesu.
5. Volba vhodného rozsahu podskupiny.
6. Volba vhodného typu regulačního diagramu.
7. Volba vhodného způsobu tvorby podskupiny tak, aby v rámci podskupiny působily pouze náhodné vlivy, to znamená, aby v podskupině byly hodnoty znaku jakosti co nejkonzistentnější, a aby byla vysoká šance odhalit změny v procesu mezi podskupinami.
8. Příprava sběru a záznamu dat.

Důležitou činností přípravné fáze je způsob získávání údajů. Uvedme si pár doporučení:

Údaje o zvoleném znaku kvality by se měly získávat z probíhajícího procesu za určité časové období. Toto období se má určit dostatečně dlouhé, aby se mohly projevit všechny zdroje variability. Během období získávání dat má docházet ke změnám obsluhy,

měl by se projevit běžný vliv prostředí, změny technologických parametrů, materiálu, má docházet k běžnému seřizování strojů a údržbě.

Získávání údajů by se mělo provádět v přibližně stejných časových úsecích nebo výrobních dávkových intervalech [ 9 ] a [ 15 ].

### **6.3.2 Fáze zabezpečování statistické zvládnutosti a stability procesu**

Cílem fáze *zabezpečení statistické zvládnutosti (stability)* je identifikovat a minimalizovat, resp. odstranit působení vymezitelných vlivů a vytvořit podmínky, aby se jejich působení nemohlo opakovat. Při analýze a zajišťování statistické zvládnutosti se doporučuje pracovat s regulačními diagramy [ 11 ], [ 13 ] a [ 15 ].

Obecný postup bude uveden v 4.4.1. a podrobněji v 6.4.2 na příkladu cílového regulačního diagramu.

### **6.3.3 Fáze vlastní statistické regulace procesu**

Proces je udržován ve stavu statisticky a technicky způsobilém. Cílem je pomocí regulačního diagramu signalizovat poruchy ve stabilitě procesu, identifikovat je a odstraňovat. Regulační diagramy pracují s regulačními mezemi stanovenými ve fázi zajištění statistické stability a se zohledněním analýzy způsobilosti procesu. Tyto meze mají dlouhodobější charakter [ 11 ].

## **6.4 Regulační diagramy**

Regulační diagram je grafickým nástrojem zobrazení variability procesu v čase využívajícím principů statistických hypotéz. Jednou z funkcí efektivního využití regulačních diagramů je poskytnout statistický signál, když začne působit vymezitelná příčina a vyhnout se zbytečnému signálu, pokud k žádné významné změně nedošlo.

V regulačním diagramu se na ose  $x$  vynášejí čísla podskupin, na ose  $y$  hodnoty výběrových charakteristik použitých jako testové kritérium v daném regulačním diagramu, které vypočteme z chronologicky za sebou jdoucích hodnot znaků jakosti získaných při provádění pravidelných výběrových kontrol. Regulační diagram se dále skládá ze střední přímky, horní a dolní regulační meze. Regulační meze vymezují pásmo, v němž leží s předem zvolenou pravděpodobností hodnoty výběrových charakteristik jednotlivých

podskupin za předpokladu, že na zkoumaný proces působí v daném časovém úseku jen náhodné příčiny variability procesu.

Zjišťujeme, zda je sledovaný proces „pod kontrolou“ nebo zda je proces „mimo kontrolu“. Stav, že proces není „pod kontrolou“, je signalizován body ležícími mimo regulační meze nebo body vykazujícími trendy či nenáhodná seskupení. V případě, že takové body v regulačním diagramu existují, je třeba provést analýzu procesu, vyhledat a odstranit zvláštní příčinu, která signalizovanou nestabilitu způsobovala [ 11 ], [ 12 ] a [ 13 ].

### **Rozdělení regulačních diagramů**

Rozdělení regulačních diagramů lze provést na základě různých úhlů pohledu, které vychází z charakteru regulační veličiny, opakovatelnosti, použitého testového kritéria, paměti diagramu, závislosti hodnot, zohlednění rizik a počtu regulačních mezí.

Snad nejčastěji používaným druhem regulačních diagramů jsou Shewhartovy regulační diagramy, které se dále dělí podle regulace měřením nebo srovnáváním a dále podrobněji podle druhu sledované hodnoty. Předpokládá se zde normalita a nezávislost dat, konstantní směrodatná odchylka a střední hodnota.

Z dalších typů regulačních diagramů vzpomeňme například CUSUM, EWMA (klasický a dynamický), skupinu SR diagramů, Hotellingův diagram a další [ 5 ].

Možné členění regulačních diagramů dle vybraných hledisek je uveden v tabulce 2.[ 15 ].

#### **6.4.1 Obecný postup sestavení a analýzy regulačního diagramu**

Dosavadní poznatky o regulačních diagramech můžeme stručně shrnout do devíti základních kroků, které je nutné provádět bez ohledu na použitou metodu SPC.

Jsou to tyto metody:

- Volba regulované veličiny
- Sběr a záznam dat
- Ověření předpokladů o datech
- Volba rozsahu výběru
- Volba vhodného regulačního diagramu

- Výpočet hodnot zvoleného testového kritéria (výběrové charakteristiky) pro jednotlivé výběry
- Ověření a zajištění statistické zvládnutosti procesu
- Ověření a zabezpečení způsobilosti procesu
- Vlastní regulace procesu [ 15 ]

Tab. 2 Členění regulačních diagramů [ 15 ]

Hledisko	Typy regulačních diagramů
Počet regulačních mezí	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagramy pro jednostrannou regulaci</li> <li>- Regulační diagramy pro oboustrannou regulaci</li> </ul>
Charakter regulované veličiny	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagram pro SPC měřením</li> <li>- Regulační diagram pro SPC srovnáváním</li> </ul>
Počet znaků jakosti simultánně sledovaných na jedné jednotce ve výběru	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagramy pro sledování jednoho znaku jakosti (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- Regulační diagramy pro sledování více znaků jakosti najednou (např. Hotellingův diagram)</li> </ul>
Stupeň opakovatelnosti procesu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagramy pro proces s vysokým stupněm opakovatelnosti (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- Regulační diagramy pro procesy s nízkým stupněm opakovatelnosti (např. cílové a standardizované diagramy)</li> </ul>
Zohlednění předchozích hodnot výběrové charakteristiky ve výpočtu aktuální hodnoty výběrové charakteristiky	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagramy bez paměti (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- Regulační diagramy s pamětí (např. diagramy CUSUM, EWMA)</li> </ul>

Hledisko	Typy regulačních diagramů
Použité testové kritérium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagramy pro monitorování polohy procesu (např. diagram <math>\bar{x}</math>)</li> <li>- Regulační diagramy pro sledování stejnoměrnosti procesu (např. diagram <math>R, s</math>)</li> <li>- Regulační diagramy pro sledování počtu, resp. podílu neshodných jednotek (např. diagram <math>p</math>)</li> <li>- Regulační diagramy pro sledování počtu, resp. podílu neshod (např. diagram <math>c</math>)</li> </ul>
Zohlednění rizika zbytečného signálu $\alpha$ a rizika chybějícího signálu $\beta$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagramy pracující pouze s rizikem <math>\alpha</math> (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- Regulační diagramy zohledňující oba druhy rizika</li> </ul>
Závislost hodnot regulované veličiny	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulační diagramy pro nezávislá data (např. klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- Regulační diagramy pro závislá data (např. diagramy reziduí, dynamický EWMA diagram)</li> </ul>



### 6.4.2 Cílové regulační diagramy

V celosvětovém měřítku představuje objem sériové a malosériové výroby více než 50 % a tento podíl neustále roste. Řešení rozporu mezi pružností procesu a ekonomií procesu uvedený trend urychluje.

Z hlediska aplikace klasických SPC vznikají ve spojení s uvedenými změnami dva základní problémy:

- Získání dostatečného počtu výběrů pro stanovení odhadu parametrů rozdělení regulované veličiny a pro výpočet regulačních mezí je nemožné.
- Systém SPC v důsledku velkého množství samostatných regulačních parametrů je nepružný.

Řešení lze nalézt v aplikaci tzv. „*Short Run*“ regulačních diagramů (*Short Run Control Chart*, dále jen *SR* diagramy), které jsou spojeny s těmito procesy:

- procesy s nízkým stupněm opakovatelnosti,
- procesy s krátkými výrobními cykly,
- zákaznický orientovaná výroba se složitým výrobním mixem a malými výrobními dávkami.

K výhodám těchto metod patří:

- minimalizace počtu regulačních diagramů,
- dostatečný počet výběrů pro výpočet regulačních mezí,
- skutečné sledování procesu, nikoliv jen jeho výstupů,
- možnost sledování působení vymezených příčin variability jak celkového procesu, tak těch, které působí pouze při výrobě jednotlivých produktů [ 15 ].

### Cílové regulační diagramy

Transformace dat je zde založena na výpočtu odchylky naměřené hodnoty, resp. výběrového průměru od cílové (požadované) hodnoty.

Základní předpoklady pro použití cílových regulačních diagramů jsou:

- konzistentní variabilita procesu u různých produktů, které chceme sledovat v jednom regulačním diagramu;
- normalita dat;

- nezávislost dat.

Nejvhodnější je aplikace na proces, produkuje podobné výrobky, u kterých sledujeme stejný nebo podobný znak jakosti měřený ve stejných měrných jednotkách.

Pro aplikaci cílového regulačního diagramu v této diplomové práci byl na základě provedené analýzy neshodné výroby a podílu profilů vybrán výrobek, viz 5.3, kde sledovaným znakem jakosti je šířka ramene, která má stejnou toleranci pro celý vyráběný sortiment v provozu Válcovna.

Správné stanovení cílové hodnoty  $C$  je klíčovým momentem při konstrukci cílového regulačního diagramu, ovlivňujícím jeho účinnost.

### **Rozdělení cílových regulačních diagramů [ 15 ]**

- cílový regulační diagram pro individuální hodnoty ( $x_j$ ) a regulační diagram pro klouzavá rozpětí ( $R_{kl}$ );
- cílový regulační diagram pro výběrové průměry ( $\bar{x}$ ) a regulační diagram pro výběrová rozpětí ( $R$ );
- cílový regulační diagram pro výběrové průměry ( $\bar{x}$ ) a regulační diagram pro výběrové směrodatné odchylky ( $s$ ).

Ze tří výše uvedených metod statistické regulace procesu měřením byla jako nejvhodnější vybrána druhá varianta ( $\bar{x}$  a  $R$ ).

### **Postup sestavení cílového regulačního diagramu pro výběrové průměry ( $\bar{x}$ ) a regulační diagram pro výběrové rozpětí ( $R$ ) [ 15 ]**

- definování rozsahu výběru,
- určení kontrolního intervalu,
- sběr a záznam hodnot sledovaného znaku jakosti,
- volba cílových hodnot pro jednotlivé produkty,
- výpočet výběrových průměrů a výběrových rozpětí,
- výpočet odchylek výběrových průměrů od odpovídajících cílových hodnot  $C$  u všech sledovaných produktů,
- výpočet střední přímky a regulačních mezí pro regulační diagram ( $R$ ),
- zakreslení střední přímky, regulačních mezí a hodnot  $R_j$  do diagramu,

- analýza regulačního diagramu ( $R$ ),
- výpočet střední přímky a regulačních mezí pro cílový diagram ( $\bar{x}$ ),
- zakreslení střední přímky, regulačních mezí a vypočtených hodnot ( $\bar{x}_j - C$ ),
- analýza cílového regulačního diagramu.

### **Interpretace cílového regulačního diagram ( $\bar{x}$ ) [ 15 ]**

- Jestliže některá hodnota odchylky ( $\bar{x}_j - C$ ) padne na nulu, znamená to, že průměr měření v  $j$ -tém výbruse rovná se cílové hodnotě  $C$ , leží-li některá hodnota ( $\bar{x}_j - C$ ) nad nebo pod nulou, je průměr měření v  $j$ -tém bodě větší nebo menší než cílová hodnota pro daný produkt.
- Jsou-li hodnoty ( $\bar{x}_j - C$ ) pro určitý produkt náhodně rozloženy kolem nuly, znamená to, že proces je správně nastaven na cílovou hodnotu  $C$ .
- Jestliže se poloha hodnot ( $\bar{x}_j - C$ ) vůči  $CL$  u různých produktů liší, svědčí to o variabilitě mezi jednotlivými produkty.
- Jestliže je v cílovém regulačním diagramu patrný trend probíhající celým diagramem (přes několik nebo všechny sledované produkty), pak to svědčí o vymeitelném vlivu působícím v celém procesu bez ohledu na produkt.
- Signalizuje-li cílový regulační diagram přítomnost vymeitelného vlivu, je další postup stejný jako u klasického Shewhartova regulačního diagramu ( $\bar{x}$ ).

### **Nejčastěji používané testy vymeitelných příčin [ 11 ] a [ 15 ]**

Mezi nejčastěji používané testy vymeitelných příčin patří: body ležící mimo regulační meze, 9 bodů za sebou leží nad  $CL$  nebo pod  $CL$ , 6 bodů za sebou stoupá nebo klesá, 15 bodů za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi a 8 bodů za sebou leží na obou stranách  $CL$ , ale žádný ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi.

## **6.5 Hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření**

Skutečné podmínky měření se obvykle mění, nejčastěji se jedná o změnu operátora (pracovníka), provádějícího měření. Z tohoto důvodu je nutno provést hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření.

Než přistoupíme k hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření, doporučuje se **hodnocení způsobilosti systému měření**.

Jednou z možností hodnocení způsobilosti systému měření je využití indexu způsobilosti  $c_g$  a  $c_{gk}$ . Posuzuje se strannost a shodnost měření v podmínkách opakovatelnosti a lze tak posoudit vhodnost daného systému měření k měření sledovaného znaku jakosti. Zpravidla se toto hodnocení provádí před použitím měřicího prostředku.

Potřebné údaje získáváme opakovaným měřením etalonu. Měření provádí jeden pracovník jedním měřidlem v místě používání.

Naměřené hodnoty se zobrazí v diagramu (min. 25 hodnot) a ověří se, zda zde není vliv nenáhodných příčin. Hodnoty požadovaných indexů způsobilosti se mohou různit podle druhů použitých metodik [10].

K běžněji používaným způsobům k hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti patří **metoda průměru a rozpětí**.

Tuto metodu lze rozdělit do tří fází:

- přípravná fáze;
- vlastní měření;
- vyhodnocení analýzy.

### ***Přípravná fáze***

Zde je nutno ověřit, zda je měřena správná veličina, k měření má být použito měřidlo s dostatečnou rozlišovací schopností. Musí se stanovit základní parametry analýzy systému měření, počet operátorů, počet měřených kusů a počet měření.

### ***Vlastní měření***

Vlastní měření vybraných kusů se provádí v místě používání měřidla a stejný postup mají používat všichni operátoři. Ti by neměli vědět, který kus měří a při opakovaném měření by neměli znát předchozí výsledek. Pro zajištění těchto podmínek je vlastní měření dozorováno pověřeným pracovníkem, který rovněž provádí záznam naměřených údajů.

Naměřené údaje se označují ve tvaru  $x_{ijk}$  a jednotlivé indexy znamenají:

$i \in \langle 1; h \rangle$  - označení operátora

$h$  – počet operátorů

$j \in \langle 1; r \rangle$  - číslo měřeného kusu

$r$  - počet naměřených kusů

$k \in \langle 1; n \rangle$  - pořadí opakovaného měření

$n$  - počet opakovaných měření stejného kusu jedním operátorem

### ***Vyhodnocení analýzy***

Nejdříve je nutno posoudit, zda je proces měření z hlediska variability opakovaných měření prováděných jednotlivými operátory statisticky zvládnutý. K vyhodnocení je nutno sestavit regulační diagram pro hodnoty variačního rozpětí opakovaných měření. Dále se stanovují hodnoty průměrného rozpětí opakovaných měření dosahovaných jednotlivými operátory. Po provedených výpočtech, stanovení centrální přímky, regulačních mezí vynesení hodnot, přistoupíme k analýze regulačního diagramu. V případě, kdy proces měření není statisticky zvládnut, je nutno hledat příčiny a analyzovat je.

V případě zvládnutosti procesu lze přistoupit ke stanovení opakovatelnosti měření (*EV – Equipment Variation*).

$$EV = \sigma_0 = \frac{\bar{R}}{d_2^*} \quad (1)$$

$\sigma_0$  - směrodatná odchylka opakovatelnosti,

$d_2^*$  - koeficient závislý na počtu opakování měření a součinu počtu měřených kusů a počtu operátorů.

Než přistoupíme ke stanovení reprodukovatelnosti měření (*AV – Appraiser Variation*), vypočteme variační rozpětí průměrů opakovaných měření jednotlivých kusů jednotlivými operátory.

$$AV = \sqrt{\sigma_0^2 - \frac{(EV)^2}{n \cdot r}} = \sqrt{\left(\frac{R_0}{d_2^*}\right)^2 - \frac{(EV)^2}{n \cdot r}} \quad (2)$$

Na základě stanovené opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření lze vyhodnotit opakovatelnost a reprodukovatelnost měření (*GGR*).

Samotná hodnota opakovatelnosti a reprodukovatelnosti ještě nevypovídá o vhodnosti analyzovaného systému měření, protože není vztažena k celkové variabilitě, kterou určíme po výpočtu aritmetických průměrů všech měření jednotlivých kusů.

$$GRR = \sqrt{(EV)^2 + AV^2} \quad (3)$$

Stanovíme variabilitu mezi měřenými kusy (*PV – Part Variation*).

$$PV = \sigma_p = \frac{R_p}{d_2^*} \quad (4)$$

Pomocí hodnoty variability mezi měřenými kusy a opakovatelností a reprodukovatelností měření pak lze stanovit celkovou variabilitu (*TV – Total Variation*).

$$TV = \sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2} \quad (5)$$

Posledním krokem vyhodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření je vyjádření opakovatelnosti, reprodukovatelnosti a opakovatelnosti a reprodukovatelnosti a variability mezi kusy v procentech z celkové variability. Pro posouzení vhodnosti systému měření je nejdůležitější procentuální vyjádření opakovatelnosti a reprodukovatelnosti z celkové variability.

Kriteria hodnocení jsou uvedena v tabulce 3. [ 1 ] a [ 13 ].

Tab. 3 Vyhodnocení přijatelnosti systému měření [ 1 ]

% GRR < 10 <i>ndc</i> ≥ 5	Systém měření je přijatelný
10 < % GRR < 30 <i>ndc</i> ≥ 5	Systém měření může být přijatelný (podle důležitosti aplikace, nákladů na měřidlo, nákladů na opravy, atd.)
% GRR > 30 <i>ndc</i> < 5	Systém měření je nepřijatelný, je nutné ho zlepšit

## 6.6 Hodnocení způsobilosti procesu

K hodnocení způsobilosti procesů se používají indexy způsobilosti, které porovnávají předepsanou maximálně přípustnou variabilitu hodnot danou tolerančními mezemi se skutečnou variabilitou sledovaného znaku jakosti dosahovanou u statisticky zvládnutého procesu. Základní podmínkou je, že proces musí být ve statisticky zvládnutém

stavu. Druhou podmínkou, která musí být splněna v případě měřitelných znaků jakosti při použití standardních vztahů pro výpočet indexů způsobilosti je, že rozdělení sledovaného znaku jakosti musí odpovídat normálnímu rozdělení.

Nejčastěji jsou využívány indexy  $C_p$  a  $C_{pk}$ , které posuzují potenciální skutečnou schopnost procesu trvale poskytovat výrobky vyhovující tolerančním mezím [13].

### 6.6.1 Indexy způsobilosti procesu

V případě krátkých výrobních cyklů a při více sledovaných výrobcích lze použít různé způsoby výpočtu indexu způsobilosti. V této práci bude použita pro porovnání metoda výpočtu odchylek, lineární transformace a pro lepší názornost grafické zobrazení polohy střední hodnoty a směrodatné odchylky pro každý produkt pomocí diagramu  $(\bar{y}, s)$ .

#### a) Index způsobilosti $C_p$

Index způsobilosti  $C_p$  je mírou potenciální schopnosti procesu zajistit, aby hodnota sledovaného znaku jakosti ležela uvnitř tolerančních mezí. Lze ho stanovit pouze v případech, kdy jsou specifikovány oboustranné toleranční meze.

Počítá se podle:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (6)$$

$LSL$  – dolní toleranční mez

$USL$  – horní toleranční mez

$\sigma$  - směrodatná odchylka (bývá nahrazována  $\hat{\sigma}$  - odhadem směrodatné odchylky)

#### b) Index způsobilosti $C_{pk}$

Index způsobilosti  $C_{pk}$  zohledňuje nejen variabilitu sledovaného znaku jakosti, ale i jeho polohu vůči tolerančním mezím. Jeho hodnota vyjadřuje poměr vzdálenosti střední hodnoty sledovaného znaku jakosti od bližší toleranční meze k polovině skutečné variability.

Index  $C_{pk}$  lze počítat pro jednostranné i oboustranné toleranční meze:

### ***Jednostranná tolerance – předpis dolní toleranční meze***

$$C_{pk} = C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (7)$$

### ***Jednostranná tolerance – předpis horní toleranční meze***

$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (8)$$

### ***Oboustranná tolerance – předpis obou tolerančních mezí***

$$C_{pk} = \min\{C_{pL}; C_{pU}\} = \min\left\{\frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \mu}{3\sigma}\right\} \quad (9)$$

$\mu$  – střední hodnota sledovaného znaku jakosti (bývá nahrazována aritmetickým průměrem -  $\bar{x}$ ).

$\sigma$  – směrodatná odchylka procesu (bývá nahrazována odhadem směrodatné odchylky  $\hat{\sigma}$ ) [13].

### **Metoda výpočtu odchylek**

Pro tuto metodu budou vypočteny odchylky naměřených hodnot od cílové hodnoty, blíže v kapitole 6. 4. 2 Cílové regulační diagramy.

### **Metoda lineární transformace**

Pomocí této transformace lze zajistit, aby se rozdílné toleranční meze u různých typů výrobků staly identické pro všechny hodnoty.

Tato lineární transformace bude provedena podle:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - LSL_i}{USL_i - LSL_i} \quad (10)$$

$X_{ij}$  - jednotlivá měření pro  $j = 1, 2, \dots, n_i$ .

$USL_i$  - horní toleranční mez pro daný rozměr  $i$ .



$LSL_i$  - dolní toleranční mez pro daný rozměr  $i$ .

Užitím této transformace je dolní toleranční mez rovna nule ( $LSL = 0$ ) a horní toleranční mez rovna jedné ( $USL = 1$ ), platí pro všechny výrobky. Odhad způsobilosti pak lze počítat pomocí klasických indexů počítaných tradičním způsobem pro celý proces.

Základní charakteristiky se získají ze vztahů:

$$\hat{\mu} = \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij} \quad (11)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y})^2 \quad (12)$$

$\hat{\mu}$  - odhad střední hodnoty sledovaného znaku jakosti

$\hat{\sigma}$  - odhad směrodatné odchylky procesu [ 2 ].

### 6.6.2 Vztah indexů způsobilosti $C_p$ a $C_{pk}$

V případě, kdy jsou předepsány obě toleranční meze, lze stanovit jak index  $C_p$ , tak index  $C_{pk}$ . Mezi těmito indexy platí nerovnost  $C_{pk} \leq C_p$ . Rozdíl mezi nimi je tím větší, čím více se od středu tolerančního pole vzdaluje střední hodnota znaku jakosti.

Rovnost obou indexů způsobilosti je dosažena pouze v případě, kdy střední hodnota sledovaného znaku jakosti leží právě ve středu tolerančního pole [ 13 ].

### 6.6.3 Diagram $(\bar{y}; s)$

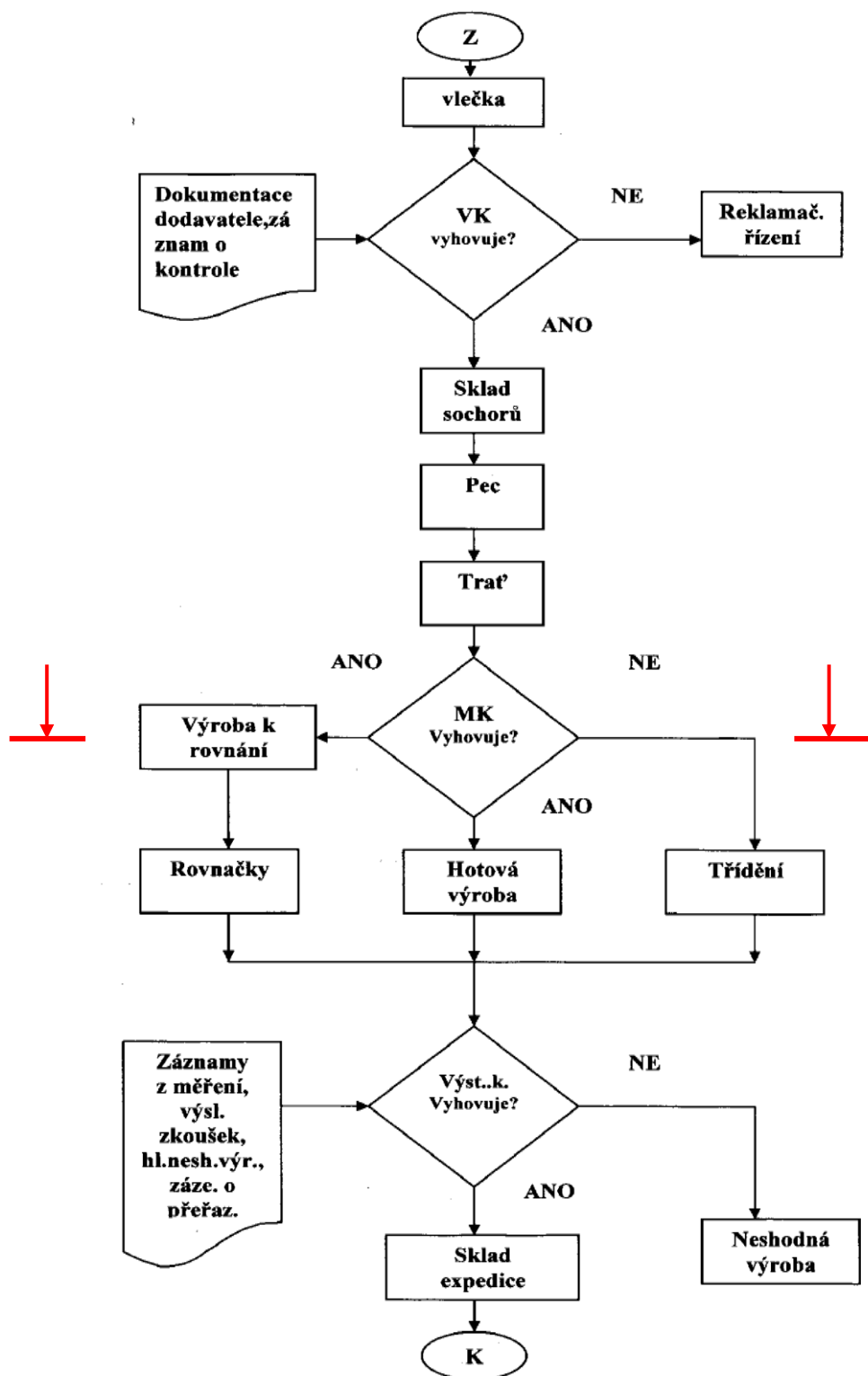
V případě, že výsledky výpočtů indexů způsobilosti prokazují nezpůsobilost procesu, je diagram  $(\bar{y}; s)$  dobrou grafickou metodou pro porovnání vzájemné polohy průměrů a odchylek jednotlivých výrobků. Získané informace mohou být podnětné pro zlepšení výrobního procesu.

Jedná se o souřadnicový graf dvou hodnot, kdy na ose  $x$  je vynesena průměr a na ose  $y$  směrodatná odchylka [ 2 ].

## 7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU REGULACE VÝROBY A KONTROLY VÁLCOVANÝCH PRODUKTŮ

### 7.1 Výroba a kontrola

Proces výroby a kontrolu zobrazuje vývojový diagram na obr. 14.



Obr. 14 Proces výroby a kontrola ve Válcovně

Ve vývojovém diagramu na obr. 14 je červeně vyznačeno navrhované místo pro zavedení statistické regulace procesu.

### ***Stručný popis procesu výroby a kontroly ve Válcovně:***

Vstupní materiál (sochory) je dovezen na „vlečku“ a zde je provedena vstupní kontrola. V případě nevyhovění je materiál vyřazen a je zahájeno reklamační řízení. Při vyhovění je materiál uložen ve skladě sochorů. Výrobní proces začíná nasazením sochorů do pece a ohřevem, sochor dále vstupuje na trať, kde je přetvářen (ostřík okují; trio stolice; PP1 a PP2; HP3, HP4 a HP5; HP6; HP7).

Mezioperační kontrola prověřuje rozměr vývalku. Při vyhovění je materiál uskladněn na místě pro hotovou výrobu nebo na místě pro rovnání a následně přerovnán (rovnačky), při nevyhovění je materiál určen k třídění a přední valcír provede seřízení HP7 (sedmé stolice hotovního pořadí).

Následuje výstupní kontrola, která provede kontrolu hotové a vyrovnané výroby, a také vytříděného materiálu. Při vyhovění je výroba převezena do expedičního skladu, při nevyhovění je materiál přeřazen do neshodné výroby.

## **7.2 Současná regulace procesu výroby**

Současná regulace procesu výroby v pravém slova smyslu neprobíhá.

V místě mezioperační kontroly (viz. obr. 14) pracovník (přední valcír) provádí rozměrovou kontrolu u náhodně vybraného vývalku za stolicí HP7 (dle PŘZ 15). Při vyhovění postupuje vývalek dále v procesu a další kontrola rozměru probíhá v souladu s PŘZ 15 *Monitorování a měření produktu*. Při nevyhovění je materiál, vyrobený od poslední vyhovující kontroly do nevyhovující, určen k třídění a přední valcír seřídí stolicí HP7. Po seřízení provede rozměrovou kontrolu u prvního vývalku a následně postupuje dle postupu uvedeného výše.

## **7.3 Kontrola kvality produktu**

Dokumentovaný postup kontroly válcovaných produktů je podrobně popsán v Pokynu ředitele závodu 15 *Monitorování a měření produktu* (dále jen PŘZ 15), který stanovuje postup pro monitorování a měření požadovaných znaků kvality produktu k ověření, zda byly požadavky na produkt splněny.

V provozu Válcovna se dělí kontrola na vstupní, mezioperační a výstupní kontrolu.

### ***Vstupní kontrola sochorů***

Zaměstnanec sochorového hospodářství provádí namátkovou kontrolu rozměrů sochorů.

Úchylky tvaru a polohy sochorů kontroluje u nových dodavatelů pracovník kontroly kvality dle Přílohy PŘZ 15-02, případně dle sjednaných dodacích podmínek.

Pracovník Kontroly kvality na základě údajů z dokumentů kontroly (příp. ložních listů) dodavatele ověřuje, zda chemické složení stanovené v kupní smlouvě odpovídá požadavkům.

Při zjištění neshody tavbu neuvolní, příslušné svazky sochorů nechá označit nesmývatelnou bílou barvou, nápisem "Reklamace" a dá podnět k zahájení reklamačního řízení dle Pokynu ředitele závodu 25 *Řízení neshodného produktu* (dále jen PŘZ 25). V případě shody potvrdí ložní list podpisem a razítkem a předá jej přípraváři výroby a ze svazků odstraní štítek s nápisem "N"- neuvolněno.

Uvolnění vstupního materiálu provádí v terminálové síti (číslem známky) na základě ověření údajů z ložních listů dodavatele. Atesty dodavatelů jsou zakládány v oddělení Kontrola kvality.

### ***Závislá mezioperační kontrola válcovaných tyčí***

Mezioperační kontrolu tyčí na trati provádějí pracovníci provozu dle DTP 01. Provádí namátkovou kontrolu u náhodně vybraných tyčí, minimálně čtyřikrát za směnu a vždy po provedeném seřízení stolice HP7, s ohledem na jejich rozměrovou, tvarovou a povrchovou kvalitu pomocí posuvného měřidla, mikrometru (k orientačnímu měření šablonou). Vizualně kontrolují povrch tyčí (výronky, nevyplnění kalibru, zaválcované okraje, šupiny, popř. jiné necelistvosti a nedokonalosti povrchu materiálu a porušení tvaru). Při shledání neshody označí nevyhovující tyče a vadný svazek štítkem s nápisem "Třídění".

### ***Nezávislé zkoušky***

Výrobky závod dodává zpravidla se specifikovanou kontrolou tak, aby vyhověly objednatelce.

Zkoušky prováděné pro specifikovanou kontrolu jsou následovné:

- zkouška tahem u všech výrobků,
- zkouška rázem v ohybu u všech výrobků kvalitativního stupně J0 a J2,
- případné požadované dodatečné zkoušky dle objednávky.

Vzorky se odebírají pro každý tvar tyče a každou tavbu (jeden vzorek pro každých 40 t tavby). Vzorek nesmí být odebrán z konců tyčí. Délka vzorku je minimálně 300 mm.

Množství vyválcovaných výrobků a jejich parametry jsou uvedeny v "STŘÍHÁNÍ - JT" (Příloha PŘZ 34 - 05), k dispozici v kanceláři úpravny JT.

Pracovník Kontroly kvality řídí odběr vzorků pro mechanické zkoušení. Vzorky, odebrané a připravené pracovníkem provozu, zkontroluje a předá do dílen přípravy vzorků závodu Bonatrans a.s., resp. přímo do metalurgické zkušebny s příslušným počtem kopií "Objednávky zkoušek", ve které uvádí profil materiálu, číslo tavby, jakost a rozsah zkoušení. Odběr zkoušek zkontroluje v Knize taveb na úpravně JT. Na základě ověření výsledků mechanických hodnot provede rozhodnutí o uvolnění zkušební jednotky (uvolnění tavby, příslušného profilu a rozměru). Protokoly výsledků mechanických zkoušek jsou archivovány v oddělení Kontrola kvality. Uvolnění zkušební jednotky potvrdí podpisem do knihy taveb v úpravně Jemné trati.

Případné neuvolnění pracovník Kontroly kvality vyznačí poznámkou "Opakovat" v Knize taveb v úpravně Jemné trati a neuvolněný materiál nechá označit nápisem "N" (neuvolněno) – na štítky nevyhovujících svazků, dá pokyn k odběru opakovacích zkoušek a vypíše "Objednávku zkoušek" k provedení opakovacích mechanických zkoušek.

Jestliže výsledky mechanických hodnot z opakovacích zkoušek vyhovují předepsaným požadavkům, uvolní tavbu v knize taveb a z materiálu odstraní štítky s nápisem "N" (neuvolněno).

Pokud opakovací zkoušky nevyhoví, jsou výrobky z dané tavby přeřazeny do jiné třídy (II. A) označeny štítkem II. A a nabídnuty odběrateli. Na výrobek přeřazený do jiné třídy (II. A) vystavuje pracovník KK "Hlášení o přeřazení do jiné třídy" (dle PŘZ 25).

### ***Nezávislá výstupní kontrola za tepla válcovaných tyčí***

Pracovníci Kontroly kvality měří znaky kvality tyčí, aby ověřili, zda byly všechny požadavky na výrobek splněny dle Zavedeného dokumentu 017 - *Znaky kvality za tepla válcovaných tyčí* (dále jen ZD 017).

### ***Výstupní kontrola nerovnaných kruhových a čtvercových tyčí***

Pracovník Kontroly kvality kontroluje každý odválcovaný svazek výrobků. Kontrolu provádí vizuálně a měřením posuvným měřidlem a metrem.

Rozměrovou kontrolu provádí min. u 4 tyčí náhodně vybraných ze svazku a výsledky měření zapíše do formuláře "Záznam o měření na Jemné trati" formou záznamu "naměřeno od - do". U jednotlivých výrobků kontroluje a měří následující znaky kvality. Tyč kruhová – průměr ve dvou místech navzájem kolmých a jejich rozdíl (ovalita) a délku tyčí. Tyč čtvercová – šířka obou stran a délka. Měření úchylnosti přímosti se provádí ve vodorovné rovině přiložením porovnávací přímky (šňůry) k vnější straně měřené tyče. Evidenci kontroly a měření provádí pracovník KK v "Záznamu o měření na jemné trati" následovně: v kolonce zakázka uvede číslo zakázky (pokud je svazek určen na sklad - uvede poznámku SKLAD), v kolonce výrobek uvede konkrétní výrobek (např. CT 20), v kolonce číslo svazku uvede číslo svazku (v případě, že je svazek určen na sklad, uvede jeho váhu a číslo tavby), v kolonkách naměřených hodnot uvede maximální a minimální naměřenou hodnotu (např. u šířky strany a uvede 19,78 - 20,15), v kolonce neshoda a uvolněno označí konkrétní svazky (vyhovělo, nevyhovělo), v kolonce poznámka uvede případný výskyt vad zjištěných vizuální kontrolou (např. šupiny). Záznam o měření potvrdí pracovník KK svým podpisem a razítkem se současným uvedením data záznamu. Při shledání neshody nechá označit nevyhovující svazek štítkem "Třídění" a nechá převézt do prostoru pro neshodné výrobky. Po provedení třídění svazky opětovně zkontroluje a vyhovující svazky nechá převézt do skladovacích prostorů určených pro hotovou výrobu. Svazky vytříděných tyčí, které jsou přeřazeny do II. A třídy, jsou označeny "II. A" na štítku a nabídnuty odběratelům. Na výrobek přeřazený do třídy II. A vystavuje pracovník KK "Hlášení o přeřazení do jiné třídy". Svazky vytříděných tyčí, které nesplňují charakteristiku kvality ani třídy II. A, jsou označeny štítkem "Neshodné výrobky" a jsou uloženy odděleně. Pracovník KK vystaví "Hlášení nejakostní výroby". Výsledky kontroly eviduje v "Knize hlášení KK". U hotových svazků prověří jejich konečnou úpravu (vázání, štítky) včetně

barevného značení, zda jsou v souladu s kupní smlouvou. Při shledání neshody nechá svazky opravit. Po provedení všech kontrolních operací včetně ověření výsledků mechanických zkoušek potvrdí svým podpisem a razítkem uvolnění výrobků v přejímacím listě a provede uvolnění v terminálové síti. Kopie přejímacích listů jsou uloženy v kanceláři Kontroly kvality. Výsledky kontroly eviduje do Knihy hlášení Kontroly kvality.

### ***Výstupní kontrola rovnaných tyčí***

Pracovník Kontroly kvality kontroluje každý svazek tyčí určený k rovnání. Provádí vizuální kontrolu tyčí ve svazku a kontrolu rozměrových parametrů posuvným měřidlem a metrem. Měření úchylky přímosti se provádí ve vodorovné rovině na kovovém stole umístěném u rovnacího stroje. Měřená tyč se přiloží ke kovovému pravítku. Největší identifikovaná odchylka přímosti se změří pomocí posuvného měřidla. Následně se svinovacím metrem změří délka mezi místy, kde se tyč pravítka dotýká (zpravidla se úchylka měří na celkovou délku tyče). Povolené mezní úchylky vyplývají z norem pro jednotlivé výrobky, případně z požadavků zákazníka. Vizuálně kontroluje, zda ve svazku nejsou tyče, které vykazují nepřipustné necelistvosti a nedokonalosti povrchu materiálu, popř. jinak deformované tyče (porušení tvaru), měřením pak kontroluje min. 4 tyče ze svazku (které označí křídou) a naměřené hodnoty (minimální naměřenou hodnotu a maximální naměřenou hodnotu) zapisuje do formuláře "Záznam o měření na jemné trati". U jednotlivých výrobků kontroluje a měří následující charakteristiky kvality. T-ocel – šířka a tloušťka stojiny a příruby, délka tyčí a jejich přímost. Úhelníky – šířka a tloušťka obou ramen, přímost a délka tyčí. Plochá ocel – šířka a tloušťka, délka a přímost tyčí. Při válcování speciálních profilových tyčí probíhá kontrola parametrů na základě zvláštních požadavků zákazníka uvedených v kupní smlouvě, technických podmínkách a výkresové dokumentaci. Evidence kontroly a měření se provádí stejným způsobem jako u nerovnaného materiálu. Při zjištění neshody svazky po rovnání nechá označit štítkem "Třídít" a nechá převézt do prostoru pro neshodné výrobky. Po provedení třídění svazky opětovně zkontroluje a vyhovující svazky nechá převézt do skladovacích prostorů určených pro hotovou výrobu. Svazky vytříděných tyčí, které jsou přeřazeny do II. A třídy, jsou označeny "II. A" na štítcích. Pracovník KK vystaví "Hlášení o přeřazení do jiné třídy". Svazky tyčí, které nesplňují charakteristiky kvality II. A třídy, jsou označeny

štítkem "Neshodné výrobky" a převezeny na určené místo. Pracovník KK vystaví "Hlášení nejakostní výroby".

Po provedení rovnání kontroluje u všech svazků jejich konečnou úpravu (vázání, štítky, barevné značení). Po provedení všech kontrol potvrdí svým podpisem a razítkem uvolnění výrobků v přejímacím listě a provede uvolnění v terminálové síti [ 18 ].

#### **7.4 Kalibrace měřidel**

Kalibraci měřidel zastrešuje v provozu Válcovna *PŘZ 10 Řízení monitorovacích a měřících zařízení*. Účelem tohoto PŘZ je „stanovit činnosti a vymezit odpovědnosti v oblasti měrového pořádku, zajistit jednotnost a správnost měřidel, měření a jejich evidence jako předpoklad pro zajištění jakosti výrobku a zdokonalení ochrany zájmů spotřebitelů“.

Dále PŘZ 10 zabezpečuje pravidelnou kalibraci měřidel, stanoví povinnosti uživatele měřidel, práva a povinnosti zaměstnance odpovědného za měrový pořádek.

Tento PŘZ současně s podnikovou *ON 15 Řízení monitorovacích a měřících zařízení* zajišťují plnění legislativních požadavků týkajících se kalibrace měřidel.

Nedílnou součástí jsou zde i postupy měření (*Příloha PŘZ 10 – 01 Zásady správného používání měřidel*).



## 8 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části bude nejprve provedena analýza systému měření, následně budou prověřeny předpoklady o datech, následuje fáze zabezpečování statistické zvládnutosti procesu, na konec bude ověřena způsobilost procesu, v případě nevyhovění procesu se bude postupovat dle „*Akčního plánu kontroly při nevyhovění procesu*“.

### 8.1 Přípravná fáze SPC

#### 1. *Identifikace cílů regulace*

- Cílem zavedení statistické regulace procesu je schopnost řídit proces válcování.
- Díky účinné regulaci bude eliminována nebo omezena možnost výskytu neshodné výroby z titulu překročení tolerancí, která se vyskytuje v dosti značné míře i při současné činnosti mezioperační kontroly ( měření vývalku a seřizování HP7).
- Včasným signálem a dřívějším zásahem (regulací) udržovat sledovaný znak jakosti, pokud možno v regulačních mezích.
- Dalším cílem je zajištění způsobilosti procesu.

#### 2. *Určení výrobku pro SPC*

- Byl vybrán výrobek – za tepla válcovaná tyč průřezu rovnoramenného L (viz „Analýza kvality výrobků“ kap. 5). Konkrétně bude analyzován UH 20, 30 a 40 mm.

#### 3. *Stanovení znaku jakosti procesu*

- Bude sledován jeden znak jakosti. Tímto znakem bude šířka ramene.

#### 4. *Určení kontrolního místa*

- Kontrola bude prováděna za sedmou stolicí hotovního pořadí (HP7).

#### 5. *Metoda získávání hodnot*

- Hodnoty sledovaného znaku jakosti se budou získávat měřením vyválcovaných tyčí pomocí kalibrovaného digitálního posuvného měřidla s přesností měření na setiny mm.

#### 6. *Analýza systému měření je popsána v kapitole 6.2.1.*

#### 7. *Kontrolní interval*

- Kontrolním intervalem bude každý druhý vyválcovaný svazek tyčí.

#### 8. *Způsob realizace výběru*

- Jednotlivé tyče budou ze svazku stanoveny náhodným výběrem.

#### 9. *Rozsah výběru*

- Rozsah podskupiny je stanoven na  $n = 4$  (tyče).

#### 10. *Typ regulačního diagramu*

- Byly vybrány tři rozměrově rozdílné výrobky jednoho typu, viz bod 2. této kapitoly. U všech výrobků sledujeme jeden znak jakosti, viz bod 3. této kapitoly, se stejným rozsahem tolerančního pole. U těchto výrobků budou sledovány odchylky od předepsané cílové hodnoty (středu tolerančního pole). Jako nejvhodnější regulační diagram byl vybrán: cílový regulační diagram pro výběrové průměry a regulační diagram pro výběrové rozpětí.

#### 11. *Příprava sběru a záznamu dat*

- Pro záznam bude použit již existující formulář „Záznam o měření v provozu Válcovna“, viz příloha č. 7.
- Případné výrobní změny budou zaznamenány do „Knihy hlášení mistrů“.

#### 12. *Matice zodpovědnosti*

- Jednotlivé zodpovědnosti jsou znázorněné v „Matice zodpovědnosti“, viz příloha č. 9.

#### 13. *OCAP – „Akční plán kontroly při nevyhovění procesu“ [ 10 ]*

- V případě zjištění, že na proces působí vymežitelné příčiny, použijeme nástroje pro identifikaci příčin variability.
- Za pomoci Ishikawova diagramu a Paretovy analýzy bude provedena analýza procesu a na základě stanovení příčiny odchylky bude přijato nápravné opatření.
- Celý postup statistické regulace procesu se bude znovu opakovat.

## 8.2 **Analýza systému měření**

### 8.2.1 **Přípravná fáze**

K měření bylo vybráno měřidlo (posuvné měřidlo digitální) s platnou kalibrací, dle PŘZ 10 Řízení monitorovacích a měřících zařízení..

Následně bylo připraveno 10 vzorků úhelníku různých rozměrů (z toho tři nevyhovující předepsané toleranci), každý vzorek byl uložen do krabičky, která byla označena číslem pro přesnou identifikaci. Pracovníkům (operátorům) budou k měření předávány neoznačené vzorky v různém pořadí, každý vzorek se bude měřit dvakrát.

Měřena bude šířka ramene a výsledky budou zaznamenány do formuláře, k tomu bude využit již existující formulář „*Záznam o měření v provozu Válcovna*“, viz příloha č. 7.

Měření budou provádět tři pracovníci (operátoři), kteří pracují jako mezioperační kontrola v třísměnném provozu. Mají platné školení předepsané pro uživatele měřidel dle PŘZ 10).

Všichni zúčastnění pracovníci (operátoři) byli proškoleni a podrobně seznámeni s celým postupem analýzy systému měření.

### 8.2.2 Vlastní měření

Měření probíhalo v místě používání měřidla. Naměřené výsledky měření deseti vzorků (každý vzorek byl měřen dvakrát jedním operátorem), provedené třemi operátory byly zaznamenány v průběhu měření do formuláře „*Záznam o měření v provozu Válcovna*“. Zaznamenané výsledky měření jsou přepsané do tabulky 4, kde jsou dále zaznamenány i vypočtené výsledky rozpětí a průměrů.

Naměřené údaje jsou označené ve tvaru  $x_{ijk}$  a jednotlivé indexy znamenají:

$i \in \langle 1; h \rangle$ - označení operátora	$h$ – počet operátorů
$j \in \langle 1; r \rangle$ - číslo měřeného kusu	$r$ – počet naměřených kusů
$k \in \langle 1; n \rangle$ - pořadí opakovaného měření	$n$ – počet opakovaných měření stejného kusu jedním operátorem

### 8.2.3 Vyhodnocení analýzy

Nejdříve bude ověřena statistická zvládnutost procesu měření z pohledu variability opakovaných měření. Uvedené zde budou většinou vzorce, vypočtené hodnoty budou přímo zapsané do tab. 2, případně se bude s těmito hodnotami dále pracovat.

**Výpočet hodnot variačních rozpětí opakovaných měření jednotlivých kusů provedených jednotlivými operátory.**

$$R_{ij} = \max_k x_{ijk} - \min_k x_{ijk}; k \in \langle 1; n \rangle \quad (13)$$

**Výpočet úrovně centrální přímký regulačního diagramu.**

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^h \bar{R}_i}{h} \quad (14)$$

Po dosazení získáme:

$$\bar{\bar{R}} = \frac{0,052 + 0,066 + 0,052}{3} = 0,057$$

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^h R_{ij}}{h} \quad (15)$$

Tab. 4 Tabulka naměřených hodnot doplněná o průměry a rozpětí

O (i)	Měř (k)	Číslo měřeného kusu (j)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	1	30, 31	30, 16	30, 23	30, 17	29, 73	30, 49	29, 78	30, 23	29, 97	30, 39	$x_{1.1}$	30, 146
	2	30, 40	30, 09	30, 21	30, 20	29, 77	30, 45	29, 70	30, 26	29, 93	30, 33	$x_{1.2}$	30, 134
	$\bar{x}_{ij}$	30, 355	30, 125	30, 17	30, 185	29, 75	30, 47	29, 74	30, 245	29, 95	30, 36	$\bar{x}_{1..}$	30, 135
	$R_{ij}$	0,09	0,07	0,02	0,03	0,04	0,04	0,08	0,03	0,04	0,06	$\bar{R}_{1..}$	0, 05
2	1	30, 31	30, 10	30, 23	30, 21	29, 78	30, 52	29, 72	30, 21	30, 00	30, 38	$x_{2.1}$	30, 146
	2	30, 40	30, 15	30, 17	30, 15	29, 71	30, 45	29, 81	30, 27	29, 95	30, 32	$x_{2.2}$	30, 138
	$\bar{x}_{ij}$	30, 355	30, 125	30, 2	30, 18	29, 745	30, 485	29, 765	30, 24	29, 975	30, 35	$\bar{x}_{2..}$	30, 142
	$R_{ij}$	0,09	0, 05	0, 06	0, 06	0, 07	0, 07	0, 09	0, 06	0, 05	0, 06	$\bar{R}_{2..}$	0, 066
3	1	30, 38	30, 12	30, 27	30, 14	29, 74	30, 55	29, 75	30, 26	29, 99	30, 44	$x_{3.1}$	30, 164
	2	30, 32	30, 19	30, 20	30, 21	29, 79	30, 50	29, 82	30, 30	29, 93	30, 39	$x_{3.2}$	30, 165
	$\bar{x}_{ij}$	30, 35	30, 155	30, 235	30, 175	29, 765	30, 525	29, 785	30, 28	29, 96	30, 415	$\bar{x}_{3..}$	30, 165
	$R_{ij}$	0, 06	0, 07	0, 07	0, 07	0, 05	0, 05	0, 07	0, 04	0, 06	0, 05	$\bar{R}_{3..}$	0, 059
$\bar{x}_{ij}$		30, 353	30, 135	30, 202	30, 18	29, 753	30, 493	29, 763	30, 255	29, 962	30, 375		

### Výpočet regulačních mezí

Koeficienty  $D_3$  a  $D_4$  jsou závislé na rozsahu podskupiny (počtu opakování) a volené jsou dle normy [ 3 ].

Do níže uvedených vzorců budou následně dosazované získané hodnoty.

$$CL = \bar{\bar{R}} \quad (16)$$

$$CL = 0,058$$

$$UCL = D_4 \cdot \bar{\bar{R}} \quad (17)$$

$$UCL = 3,267 \cdot 0,058 = 0,1895$$

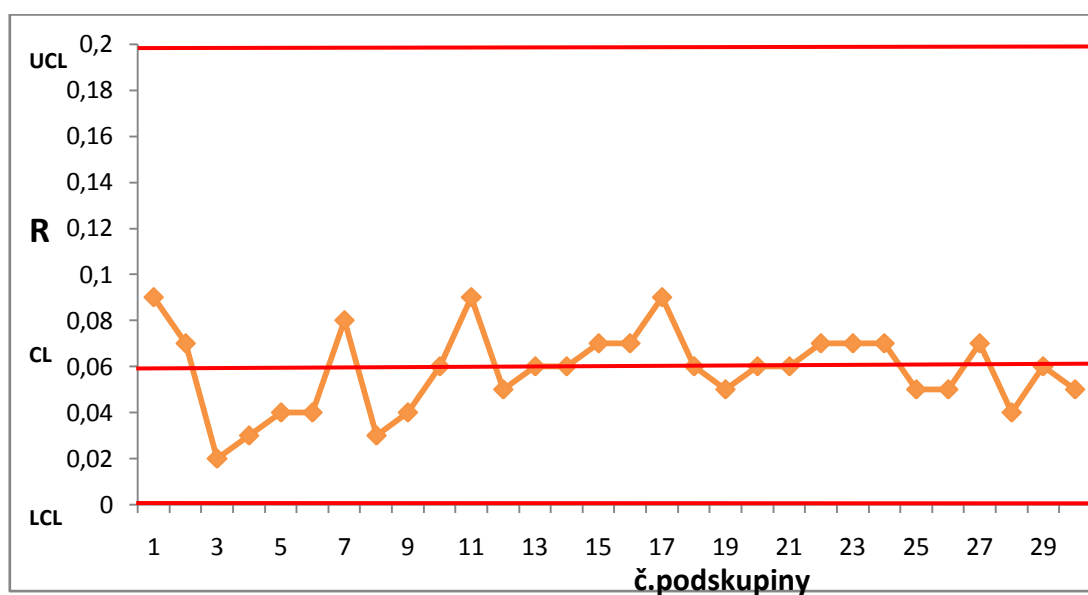
$$LCL = D_3 \cdot \bar{\bar{R}} \quad (18)$$

$$LCL = 0 \cdot 0,057 = 0$$

**Sestrojení regulačního diagramu** (viz obr. 15)

Na ose  $x$  budou pořadí měření jednotlivých operátorů (1. operátor – 1 až 10, 2. operátor – 11 až 20 a 3. operátor – 21 až 30).

**RD pro variační rozpětí k posouzení statistické zvládnutosti procesu měření z hlediska variability opakovaných měření**



Obr. 15 Regulační diagram variačního rozpětí

Jak je patrné z regulačního diagramu variačního rozpětí na obrázku 15., všechny hodnoty variačního rozpětí leží uvnitř regulačních mezí, proto je proces měření z hlediska variability opakovaných měření statisticky zvládnutý.

Všechny hodnoty měření jednotlivých operátorů leží uvnitř regulačních mezí, proto lze provést další hodnocení.

### **Stanovení opakovatelnosti měření**

Nyní bude vypočtena opakovatelnost měření ( $EV$ ), podle vzorce (1).

$$EV = \frac{0,058}{1,128} = 0,0514$$

$d_2^*$  - koeficient závislý na počtu opakování měření u součinu počtu naměřených součástí a počtu operátorů, dle tabulky 8.2 *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*  $d_2^* = 1,128$

### **Vyhodnocení reprodukovatelnosti měření**

Nejdříve budou stanoveny hodnoty aritmetického průměru opakovatelných měření jednotlivých kusů jednotlivých operátorů.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n x_{ijk}}{n} \quad (19)$$

Výsledky výpočtů jsou uvedené v tab. 4. Tabulka naměřených hodnot doplněná o průměry a rozpětí.

Následuje výpočet aritmetického průměru měření všech kusů jednotlivými operátory.

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^n x_{ijk}}{r \cdot n} \quad (20)$$

Výsledky výpočtů jsou opět v tabulce 4.

Variační rozpětí průměrů měření všech kusů jednotlivými operátory jsou vypočteny níže.

$$R_0 = \max_i \bar{x}_i - \min_i \bar{x}_i \quad i \in \langle 1; h \rangle \quad (21)$$

Po dosazení do vzorce (21) získáme:

$$R_0 = 30,165 - 30,135 = 0,03$$

Nyní bude vypočtena reprodukovatelnost měření ( $AV$ ) podle vzorce (2).

$$AV = \sqrt{\left(\frac{0,03}{1,91}\right)^2 - \frac{0,0514^2}{3 \cdot 10}} = 0,012597$$

$d_2^*$ - koeficient závislý na počtu operátorů ( $m$  – počet operátorů,  $g = 1$ )

$n$  – počet opakovaných měření

$r$  – počet měřených kusů

### **Stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření**

Výpočet opakovatelností a reprodukovatelností ( $GRR$ ) bude proveden podle vzorce (3).

$$GRR = \sqrt{0,0514^2 + 0,012597^2} = 0,05292$$

Následuje vyhodnocení podílu rozptylu vyvolaného opakovatelností a reprodukovatelností.

$$p_{EV} = \frac{(EV)^2}{(GRR)^2} \cdot 100 \quad (22)$$

Dosazením do vzorce (22) získáme:

$$p_{EV} = \frac{0,0514^2}{0,05292^2} \cdot 100 = 94,3 \%$$

$$p_{AV} = \frac{(AV)^2}{(GRR)^2} \cdot 100 \quad (23)$$

Následuje výpočet podle vzorce (23).

$$p_{AV} = \frac{0,012597^2}{0,05292^2} \cdot 100 = 5,7 \%$$

Na základě provedených výpočtů lze konstatovat, že reprodukovatelnost se podílí 5,7 % a opakovatelnost 94,3 %. Složka variability dané opakovatelnosti měření je výraznější.

### **Stanovení variability mezi měřenými kusy**

Výpočet aritmetického průměru všech měření jednotlivých kusů bude proveden dle:

$$x_{j.} = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^n x_{ijk}}{h \cdot n} \quad (24)$$

Výpočet variačního rozpětí aritmetických průměrů všech měření jednotlivých kusů bude proveden dle:

$$R_p = \max_j \bar{x}_j - \min_j \bar{x}_j \quad j \in \langle 1; h \rangle \quad (25)$$

Dosazením do vzorce (25) získáme:

$$R_p = 30,493 - 29,753 = 0,74$$



Nyní bude stanovena variabilita mezi měřenými kusy ( $PV$ ) podle vzorce (4).

$$PV = \frac{0,74}{3,18} = 0,2327$$

$\sigma_p$  - směrodatná odchylka hodnot znaku u měřených kusů

$d_2^*$  - koeficient závislý na počtu měřených kusů ( $g = 1$ ).

### **Ověření vhodností systému měření pro posouzení variability mezi měřenými kusy**

Ověření bude provedeno pomocí regulačního diagramu, viz obr. 2.

Následuje výpočet regulačních mezí.

$$CL = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^h \bar{x}_{i..}}{h} = 30,147 \quad (26)$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{\bar{R}} \quad (27)$$

Následně bude proveden výpočet podle vzorce (27).

$$UCL = 30,147 + 1,880 \cdot 0,058 = 30,256$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{\bar{R}} \quad (28)$$

Po dosazení do vzorce (28) získáme:

$$LCL = 30,147 - 1,880 \cdot 0,058 = 30,038$$

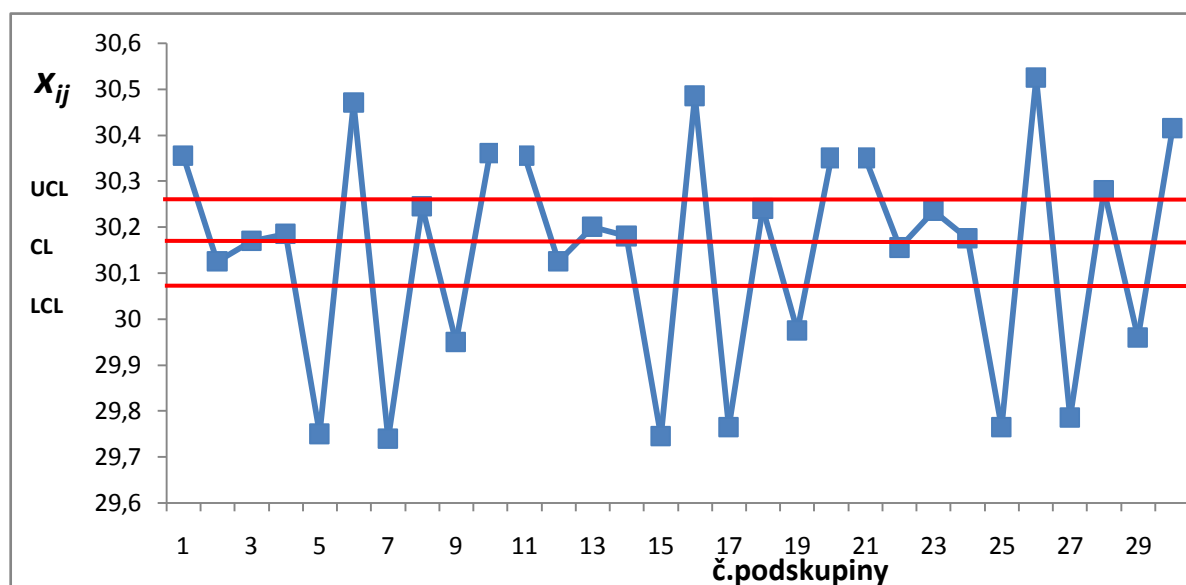
$A_2$  je koeficient, závislý na počtu opakovaných měření (rozsahu podskupiny).

$$A_2 = 1,880 [3]$$

### Sestrojení regulačního diagramu (viz obr. 16)

Na ose  $x$  budou pořadí měření jednotlivých operátorů (1. operátor – 1 až 10, 2. operátor – 11 až 20 a 3. operátor – 21 až 30).

### RD pro aritmetické průměry opakovaných měření k ověření vhodnosti systému měření pro posouzení variability mezi měřenými kusy



Obr. 16 Regulační diagram aritmetických průměrů opakovaných měření

63 % vynesných hodnot leží mimo regulační meze a operátoři se shodli v tom, o které kusy se jedná.

Z tohoto důvodu lze konstatovat, že systém měření je vhodný pro posouzení variability mezi měřenými kusy.

### Stanovení celkové variability ( $TV$ ) podle vzorce (5)

$$TV = \sqrt{0,05292^2 + 0,2327^2} = 0,23864$$

**Procentuální vyjádření opakovatelnosti, reprodukovatelnosti, opakovatelnosti a reprodukovatelnosti variability mezi kusy z celkové variability.**

$$EV(\%) = \frac{EV}{TV} \cdot 100 \quad (29)$$

Následuje výpočet podle vzorce (29).

$$EV(\%) = \frac{0,0514}{0,23864} \cdot 100 = 21,54 \%$$

$$AV(\%) = \frac{AV}{TV} \cdot 100 \quad (30)$$

Po dosazení do vzorce (30) získáme:

$$AV(\%) = \frac{0,012597}{0,23864} \cdot 100 = 5,28 \%$$

$$GRR(\%) = \frac{GRR}{TV} \cdot 100 \quad (31)$$

Po dosazení do vzorce (31) bude získán výsledek:

$$GRR(\%) = \frac{0,05292}{0,23864} \cdot 100 = 22,18\%$$

$$PV(\%) = \frac{PV}{TV} \cdot 100 \quad (32)$$

Následuje výpočet dle vzorce (32).

$$PV(\%) = \frac{0,2327}{0,23864} \cdot 100 = 97,51 \%$$

**Stanovení počtu kategorií, o které lze systém měření rozlišit (*ndc*)**

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR} \quad (33)$$

Podle vzorce (33) bude proveden výpočet *ndc*.

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{0,2327}{0,05292} = 6$$

**Vyhodnocení přijatelnosti systému měření**

Určená kritéria přijatelnosti systému měření jsou uvedena v tabulce 3. v kapitole 6.5.

*GRR*(%) vyhovuje druhé podmínce ( $10 < GRR(\%) < 30$  a  $ndc \geq 5$ ):

$$10 < 22,18(\%) < 30 \text{ a } 6 \geq 5$$

**Závěr**

Na základě vypočtených výsledků lze učinit závěr, že systém měření může být přijatelný. Návrh na zlepšení systému měření je uveden v kapitole 9. Data lze považovat za věrohodná.

### 8.3 Ověření předpokladů o datech

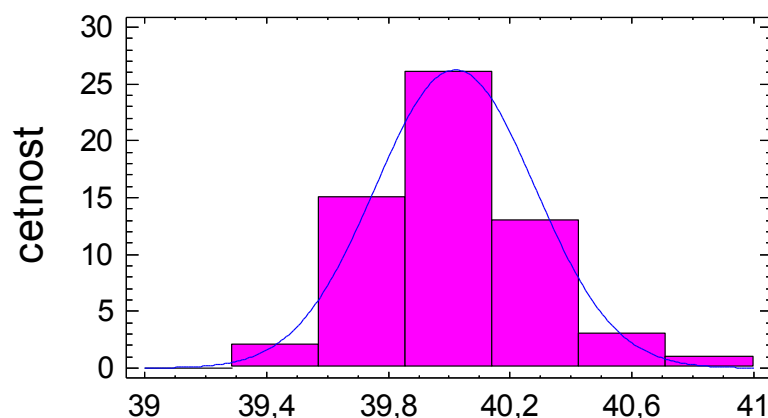
Použití cílových regulačních diagramů je podmíněno ověřením normality dat a jejich nezávislosti. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 6.

#### 8.3.1 Normalita dat

Normalita dat byla ověřena v programu STATGRAPHICS Plus pomocí testů normality (*Tests for Normality*) a graficky pomocí histogramu.

V testu normality byla ověřena platnost nulové hypotézy, že data pocházejí z normálního rozdělení. Test je vyhodnocován porovnáním hodnoty *P-value* se zvolenou hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ . U všech testů je hodnota *P-value* větší než 0,05, hodnoty jsou viditelné v tabulce 5.

Na základě analýzy histogramů, lze prohlásit, že data mohou pocházet z normálního rozdělení. Na obr. 17, histogram pro data UH 40, je dobře viditelný symetrický tvar. Další dva histogramy (pro UH20 a UH30) jsou znázorněny v příloze 10.



Obr. 16 Histogram pro UH 40

Tabulka 5. Výsledky testů normality a nezávislosti dat

		UH 20	UH 30	UH 40
Test normality <i>P-value</i>	Chí kvadrát	0,063	0,800	0,929
	Shapiro-Wilkův	0,249	0,053	0,065
	Šikmost	0,204	0,166	0,099
	Špičatost	0,724	0,526	0,307
Test nezávislosti <i>P-value</i>	Počet přeběhů hodnot přes medián	0,241	0,424	0,362
	Počet zvrátů	0,959	0,325	0,233
	Box-Piercův	0,258	0,287	0,097

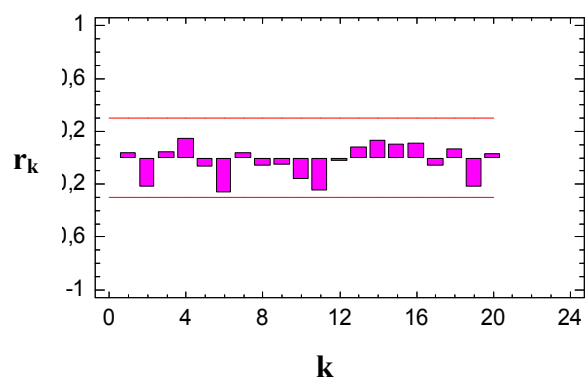
### 8.3.2 Nezávislost dat

Nezávislost dat byla ověřena v programu STATGRAPHICS Plus pomocí testů nezávislosti (*Tests for Randomness*) a grafů výběrové autokorelační funkce. V testu nezávislosti byla ověřena platnost nulové hypotézy, že data nejsou vzájemně závislá. Test je vyhodnocován porovnáním hodnoty *P-value* se zvolenou hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ . U všech testů je hodnota *P-value* větší než 0,05, hodnoty jsou viditelné v tabulce 5.

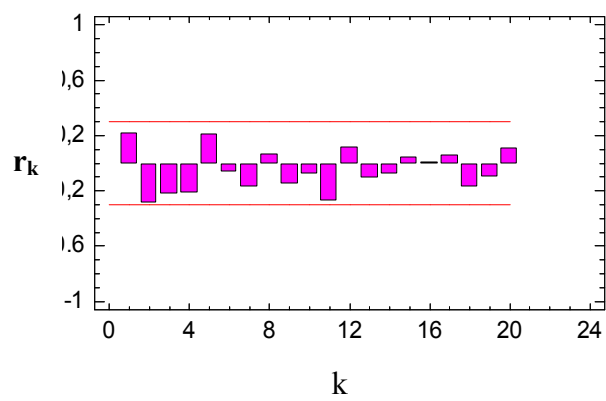
Graf výběrové autokorelační funkce (tzv. koprogram) graficky vyhodnocuje závislost nebo nezávislost dat, kde  $k$ -tý sloupec představuje hodnotu výběrového autokorelačního koeficientu  $r_k$  pro zpoždění (lag)  $k$ . Všechny sloupce leží v intervalu spolehlivosti. Lze předpokládat, že analyzovaná data jsou vzájemně nezávislá. Graf pro data úhelníku 20, 30 a 40 mm je znázorněn na obr. 18.

Na základě výsledků provedených testů nezávislosti a vyhodnocení grafů, lze konstatovat, že **data jsou vzájemně nezávislá**.

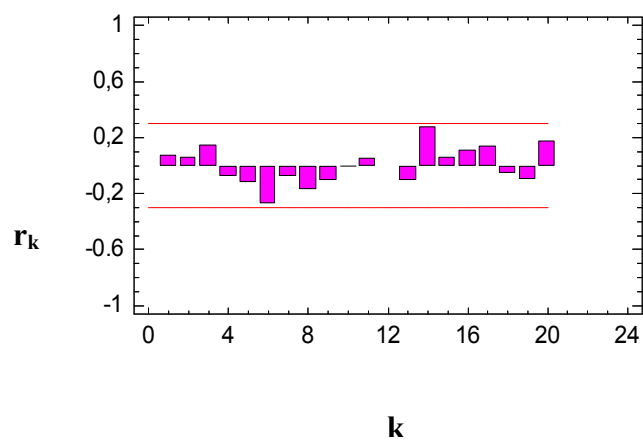
### UH20



### UH30



### UH40



Obr. 18 Graf výběrové autokorelační funkce pro UH 20, UH30 a UH40.

Tabulka 6. Naměřené a vypočtené hodnoty

Výrobek	j	Měření				Cíl $C$	$\bar{x}_j$	$R_j$	$\bar{x}_j - C$
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$				
1	1	19,70	20,11	19,96	19,78	20,00	19,89	0,41	0,11
	2	19,93	19,62	20,05	19,80		19,85	0,43	0,15
	3	20,20	19,87	19,94	20,05		20,02	0,33	-0,02
	4	19,86	20,14	19,97	20,22		20,05	0,36	-0,05
	5	20,02	19,71	19,95	19,84		19,88	0,31	0,12
	6	19,64	19,98	20,06	19,82		19,88	0,42	0,12
	7	20,31	19,80	19,98	20,13		20,06	0,51	-0,06
	8	19,94	20,10	19,85	20,35		20,06	0,50	-0,06
	9	19,89	20,23	20,46	20,03		20,15	0,57	-0,15
	10	19,67	20,04	19,84	20,33		19,97	0,66	0,03
	11	20,52	19,94	20,19	20,36		20,25	0,58	-0,25
	12	20,65	20,19	20,30	20,22		20,34	0,46	-0,34
	13	19,57	19,95	19,67	19,84		19,76	0,38	0,24
	14	19,64	20,03	19,75	19,86		19,82	0,39	0,18
	15	19,97	19,76	19,80	19,99		19,88	0,23	0,12
2	16	29,80	29,97	30,19	29,86	30,00	29,96	0,39	0,04
	17	29,75	29,95	30,15	29,89		29,94	0,40	0,06
	18	30,29	30,19	29,78	29,93		30,05	0,51	-0,05
	19	29,97	30,15	29,88	30,22		30,06	0,34	-0,06
	20	29,96	30,10	30,02	30,34		30,11	0,38	-0,11
	21	30,05	30,19	29,94	30,52		30,18	0,58	-0,18
	22	29,87	29,90	29,92	30,27		29,99	0,40	0,01
	23	30,12	29,95	30,07	30,62		30,19	0,37	-0,19
	24	30,34	29,88	30,14	30,48		30,21	0,60	-0,21
	25	29,92	30,27	30,05	30,47		30,18	0,55	-0,18
	26	30,15	30,59	29,93	30,07		30,19	0,66	-0,19
	27	29,59	29,97	29,86	29,78		29,80	0,38	0,20
	28	30,02	29,64	29,94	29,83		29,86	0,38	0,14
	29	29,79	29,65	30,06	29,89		29,85	0,41	0,15
	30	29,93	29,62	29,87	30,09		29,88	0,47	0,12
3	31	40,16	39,86	39,56	39,95	40,00	39,88	0,58	0,12
	32	39,72	40,25	39,85	39,93		39,94	0,53	0,06
	33	40,05	39,73	40,31	39,87		39,99	0,58	0,01
	34	39,75	40,21	39,92	40,38		40,07	0,59	-0,07
	35	40,25	39,76	40,06	40,40		40,12	0,54	-0,12
	36	39,94	39,89	40,49	40,08		40,10	0,60	-0,10
	37	40,20	40,40	40,16	39,96		40,18	0,44	-0,18
	38	40,01	39,95	40,18	40,61		40,19	0,56	-0,19
	39	39,94	40,23	40,68	40,10		40,24	0,64	-0,24
	40	40,05	40,76	40,21	39,98		40,25	0,68	-0,25
	41	39,57	39,72	39,81	40,01		39,78	0,44	0,22
	42	40,12	39,67	39,89	39,74		39,86	0,45	0,14
	43	39,91	39,65	39,82	40,08		39,87	0,43	0,13
	44	39,75	39,96	40,10	39,85		39,92	0,35	0,08
	45	40,02	39,79	39,84	40,08		39,93	0,29	0,07



## 8.4 Fáze zabezpečování statistické zvládnutosti procesu

Sběr dat probíhal ve čtvrtém kvartálu roku 2010, týden po analýze systému měření. Ze tří různých válcovacích kampaní (UH 20, 30 a 40 mm, označeno I., II. a III.) bylo pro potřeby této práce zkontrolováno po 15 svazcích a z každého svazku byly proměřeny čtyři tyče, dle postupu v kapitole 8.1. Celkem bylo zaznamenáno 180 hodnot, které jsou spolu s postupně vypočtenými výsledky zapsány v tab. 6.

Pro statistickou regulaci procesu byl vybrán cílový regulační diagram pro výběrové průměry a regulační diagram pro výběrové rozpětí.

### 8.4.1 Regulační diagram pro výběrové rozpětí

Následuje výpočet střední přímký a regulačních mezí pro regulační diagram  $\bar{R}$ .

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k} \quad (34)$$

Po dosazení do vzorce (34) dostaneme:

$$\bar{R} = \frac{21,06}{45} = 0,468 \doteq 0,47$$

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R} \quad (35)$$

Dosazením do vzorce (35) získáme horní regulační mez.

$$UCL = 2,282 \cdot 0,47 = 1,073$$

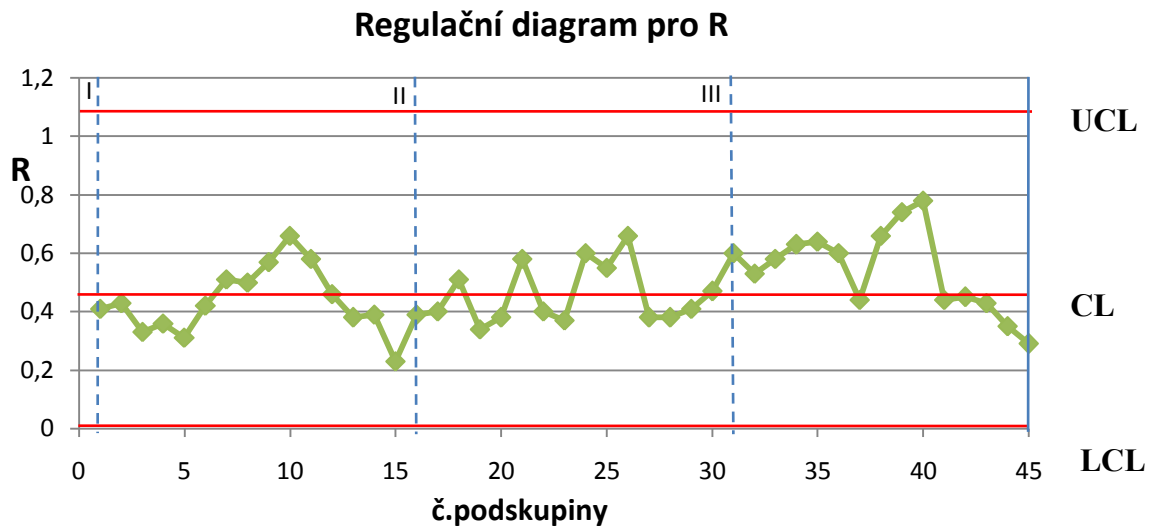
$$LCL = D_3 \cdot \bar{R} \quad (36)$$

Dosazením do vzorce (36) získáme dolní regulační mez.

$$LCL = 0,00 \cdot 0,47 = 0$$

Pro  $n = 4$  jsou součinitele  $D_4 = 2,282$  a  $D_3 = 0$  [ 3 ]

Nyní bude sestaven regulační diagram pro výběrové rozpětí  $R$ . (viz obr. 19)



Obr. 19 Regulační diagram pro výběrové rozpětí  $R$

Regulační diagram pro výběrové rozpětí ( $R$ ) nevykazuje žádné body mimo regulační meze, ani nenáhodná seskupení, lze předpokládat, že zde nepůsobí vymezipitelné vlivy, proces je z hlediska variability statisticky zvládnutý (viz kap. 6.4 *Nejčastěji používané testy vymezipitelných příčin*).

#### 8.4.2 Cílový regulační diagram pro výběrový průměr

Nyní bude vypočtena střední přímka a regulační meze pro regulační diagram

$$\bar{x}_j - C.$$

$$CL_c = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - C)}{k} \quad (37)$$

Po dosazení do vzorce (37) získáme:

$$CL_c = \frac{-0,36}{45} = -0,008$$

$$UCL_C = \bar{\bar{x}}_C + A_2 \cdot \bar{R} \quad (38)$$

Horní regulační mez vypočteme dosazením do vzorce (38).

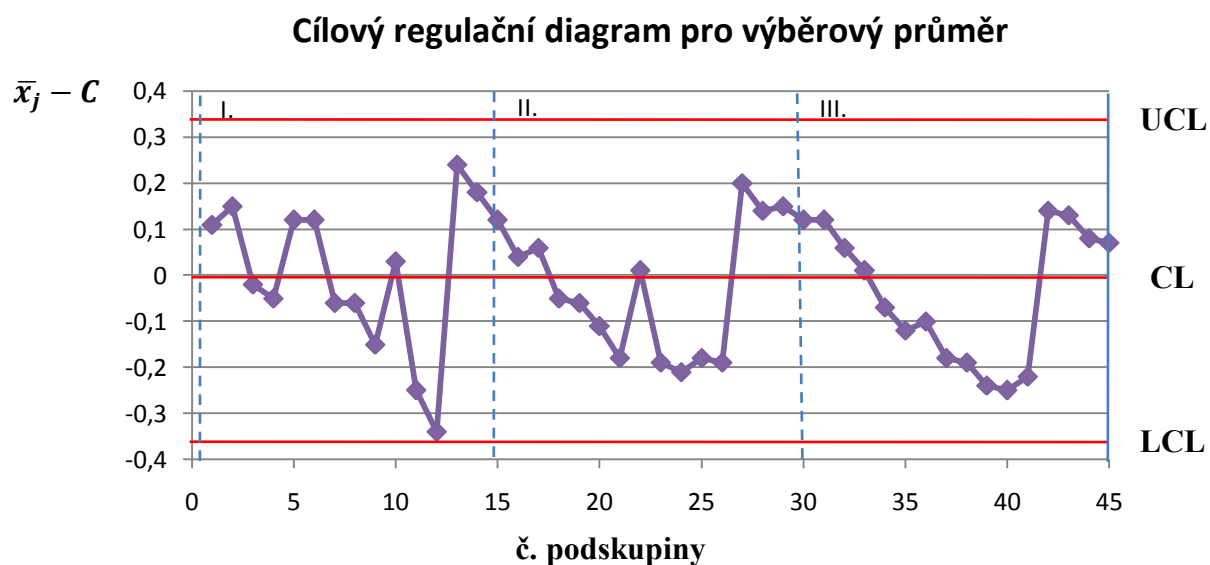
$$UCL_C = -0,008 + 0,729 \cdot 0,47 = 0,334$$

$$LCL_C = \bar{\bar{x}}_C - A_2 \cdot \bar{R} \quad (39)$$

Dolní regulační mez následně dosazením do vzorce (39).

$$LCL_C = -0,008 - 0,729 \cdot 0,47 = -0,351$$

Nyní bude sestaven cílový regulační diagram pro výběrový průměr, tento regulační diagram je znázorněn na obr. 20.



Obr. 20 Cílový regulační diagram ( $\bar{x}_j - C$ )

Než bude graf z obr. 20 podroben analýze, je nutno si připomenout průběh procesu válcování a předepsanou činnost předních valcírů (operátorů). Během válcování dochází

k postupnému vypalování kalibru, což má vliv i na rozměr. Pokud kontrolovaný rozměr překročí hranici tolerance nebo se jí výrazně přiblíží, provede přední valcír předepsané seřízení. Vliv výše popsané činnosti je procesu vlastní, pravidelně se opakuje a je předem známý.

Při podrobnější analýze regulačního diagramu pro  $\bar{x}_j - C$ , kde je prokázána statistická zvládnutost procesu, byla identifikována tři místa (u úhelníku 20 mm mezi 12 a 13 podskupinou, u úhelníku 30 mm mezi 26 a 27 podskupinou a u úhelníku 40 mm mezi 41 a 42 podskupinou) s viditelným posunem („skokem“) hodnot. Po porovnání se zápisem v „Knize hlášení mistrů“ bylo zjištěno, že v těchto časových úsecích (mezi provedeným měřením výše uvedených podskupin) bylo provedeno seřízení hotovního pořadí.

## 8.5 Ověření způsobilosti procesu

Ověřování způsobilosti procesu je podmíněno splněním statistické zvládnutosti procesu a normalitou naměřených dat. Zvládnutost procesu jsem prokázal v předchozí kapitole a normalitu naměřených hodnot v kapitole 8.3.1.

### 8.5.1 Výpočet indexu $C_p$ a $C_{pk}$

Výpočet indexu způsobilosti bude proveden dvěma způsoby a to metodou výpočtu odchylek a metodou lineární transformace.

#### A. Metoda výpočtu odchylek

Protože bylo pracováno s cílovým regulačním diagramem, pro tři typy výrobků různých rozměrů bude proveden výpočet indexů pro všechny tři výrobky.

##### Úhelník 20 mm

Index  $\hat{C}_{p20}$  vypočteme dosazením do vzorce (6).

$$\hat{C}_{p20} = \frac{21,0 - 19,0}{6 \cdot 0,2273} = 1,47$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (40)$$

Dosazením do vzorce (40) vypočteme  $\hat{\sigma}$ .

$$\hat{\sigma} = \frac{0,468}{2,059} = 0,2273$$

### **Úhelník 30 mm**

Index  $\hat{C}_{p30}$  vypočteme dosazením do vzorce (6).

$$\hat{C}_{p30} = \frac{31,0 - 29,0}{6 \cdot 0,2273} = 1,47$$

### **Úhelník 40 mm**

Dosazením do vzorce (6) vypočteme  $\hat{C}_{p40}$ .

$$\hat{C}_{p40} = \frac{41,0 - 39,0}{6 \cdot 0,2273} = 1,47$$

Index  $\hat{C}_p$  vyšly 1,47 a jsou větší než 1,33. Proces u všech tří výrobků má potenciální schopnost zajistit, aby hodnota sledovaného znaku jakosti ležela uvnitř tolerančních mezí.

### **Úhelník 20 mm**

Dosazením do vzorce (9) získáme všechny tři indexy  $\hat{C}_{pk}$ .

$$\hat{C}_{pk20} = \min \left\{ \frac{19,9907 - 19,00}{3 \cdot 0,2273}; \frac{21,00 - 19,9907}{3 \cdot 0,2273} \right\} = \min\{1,4529; 1,4801\}$$

### Úhelník 30 mm

$$\hat{C}_{pk30} = \min \left\{ \frac{30,03 - 29,00}{3 \cdot 0,2273}; \frac{31,00 - 30,03}{3 \cdot 0,2273} \right\} = \min\{1,5105; \mathbf{1,4225}\}$$

### Úhelník 40 mm

$$\hat{C}_{pk40} = \min \left\{ \frac{40,02 - 39,00}{3 \cdot 0,2273}; \frac{41,00 - 40,02}{3 \cdot 0,2273} \right\} = \min\{1,4958; \mathbf{1,4372}\}$$

Vyhodnocení způsobilosti - viz kapitola 8.5.2.

### B. Metoda lineární transformace

Výsledky provedených výpočtů transformace hodnot jsou uvedené v Příloze č. 10.

Pomocí transformovaných hodnot lze počítat indexy způsobilosti pro celý proces. Indexy  $C_p$  a  $C_{pk}$  získáme dosazením do rovnice (6) a (9).

$$C_p = \frac{1,0 - 0,0}{6 \cdot 0,121} = \mathbf{1,38}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{0,506 - 0,0}{3 \cdot 0,121}; \frac{1,0 - 0,506}{3 \cdot 0,121} \right\} = \{1,394; \mathbf{1,361}\}$$

Vyhodnocení způsobilosti - viz kapitola 8.5.2.

### 8.5.2 Vyhodnocení způsobilosti procesu

Proces je považován za způsobilý, pokud je hodnota  $C_{pk} \geq 1,33$ . Mezi hodnotami  $C_{pk}$  a  $C_p$  by měla platit  $C_{pk} \geq C_p$ . Vypočtené hodnoty a vztahy indexů (pro metody A a B) jsou viditelné v tabulce 7.

Tabulka 7. Hodnoty a vztah indexů způsobilosti

Výpočet pro	$C_p$	Vztah (nerovnost)	$C_{pk}$
UH 20	1,45	<	1,47
UH 30	1,42	<	1,47
UH 40	1,44	<	1,47
Kumulované hodnoty	1,36	<	1,38

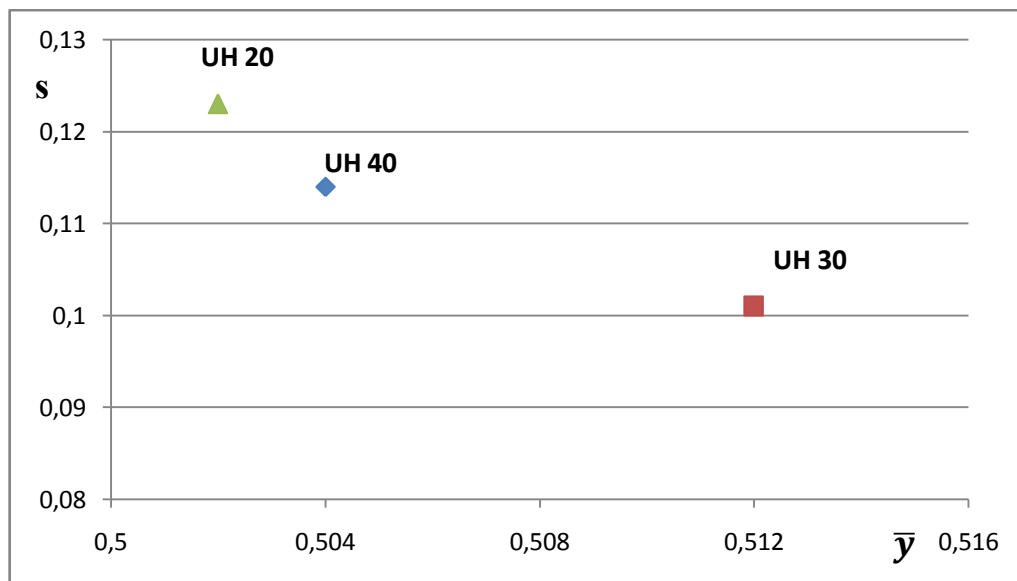
Všechny vypočtené indexy  $C_p$  a  $C_{pk}$  jsou větší než 1,33.

Nerovnost ( $C_{pk} \geq C_p$ ) platí ve všech případech.

**Hodnoty vypočtených indexů prokazují způsobilost procesu.**

### 8.5.3 Sestrojení diagramu $(\bar{y}; s)$

V dřívější kapitole byla pomocí indexů způsobilosti prokázána způsobilost procesu. Sestrojením diagramu  $(\bar{y}; s)$  dostaneme podrobnější informace o poloze průměrů a odchylek jednotlivých výrobků. Protože se jedná o tři různé výrobky, byly pro výpočet průměrů zvolené kumulované hodnoty a lze je mezi sebou porovnat. Tento diagram je viditelný na obr. 21.



Obr. 21 Diagram ( $\bar{y}; s$ )

Z analýzy diagramu je zřejmé, že největší rozptyl je u úhelníku 20 mm při současném nejmenším posunu střední kumulované hodnoty a naopak, největší posun střední kumulované hodnoty je u úhelníku 30 mm se současně nejmenším rozptylem.

Jako nejlepší se jeví UH40, který má menší rozptyl i střední kumulovanou hodnotu (souměrnost), méně pak UH20, který má sice střední kumulovanou hodnotu blíže cílové hodnotě, ale má současně větší rozptyl, a UH30, u kterého je střední kumulovaná hodnota viditelně dále od cílové hodnoty, i když jeho rozptyl je výrazně menší.



## 9 NÁMĚTY KE ZLEPŠENÍ

V praktické části byla provedena statistická regulace procesu včetně prokázané způsobilosti. Plné dosažení vytýčených cílů je podmíněno přijetím konkrétních opatření a zavedením určitých postupů, vyplývajících z praktické části této práce.

Každý navrhovaný námět ke zlepšení, uvedený v této kapitole, je pro lepší přehlednost rozdělen do čtyř částí: původní stav, cíl změny, navrhovaný stav a získaný nebo předpokládaný efekt.

### 9.1 Záznamy měření závislé kontroly

1. **Původní stav:** Přední valcář, provádějící závislou kontrolu rozměrů vývalku, provádí měření digitálním posuvným měřidlem a mikrometrem, dle *PŘZ 15 Monitorování a měření produktu a DTP 01 Výroba za tepla válcovaných tyčí*. Na základě nevyhovujících nebo kritických výsledků měření provádí seřizování stolice HP7. Záznamy z měření závislé kontroly nejsou prováděny.
2. **Cíl:** O provedené rozměrové kontrole musí být podán důkaz, záznam z měření. Na základě provedených záznamů lze následně aplikovat regulaci procesu, jakož i další případné analýzy.
3. **Navrhovaný stav:** Záznamy měření závislé kontroly se budou provádět do „Záznamu o měření závislé kontroly provozu Válcovna“, viz Příloha č. 8. Tento záznam bude při nejbližší aktualizaci *PŘZ 15 Monitorování a měření produktu* zařazen jako jeho příloha „Příloha PŘZ 15 – 04“. Do doby schválení nového formuláře je používán upravený „Záznam o měření v provozu Válcovna“, Příloha PŘZ 15 – 01.
4. **Efekt:** Záznamy z měření závislé kontroly se provádějí. Tyto záznamy se dále zpracovávají při statistické regulaci procesu a slouží jako podklad pro analýzy, prováděné pracovníky výroby, technickým úsekem a kontrolou kvality.

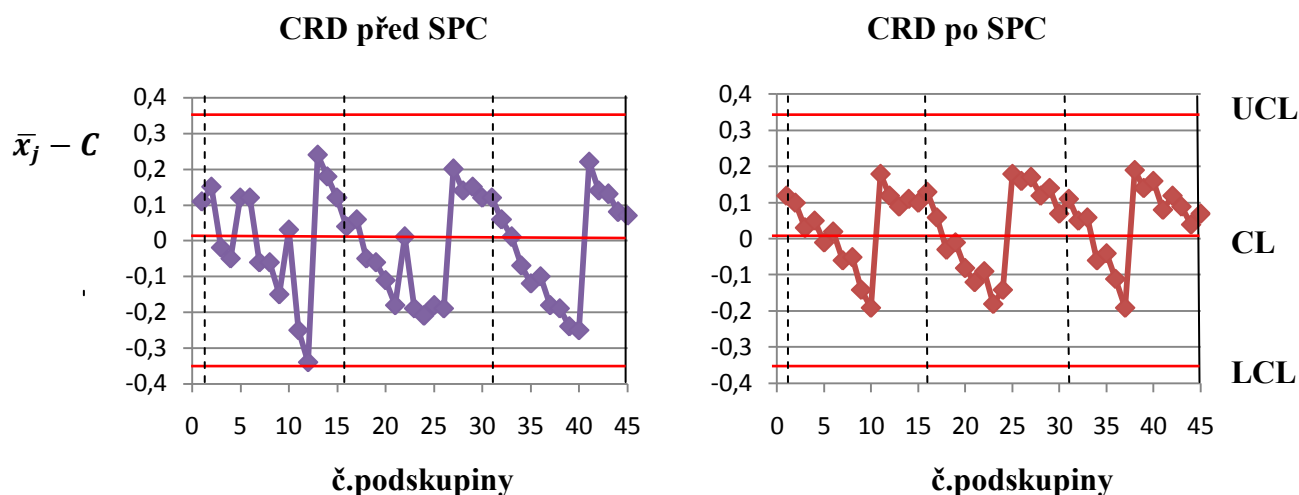
### 9.2 Průběžná regulace procesu

1. **Původní stav:** Regulace procesu probíhá dle platných závodových OŘA, kdy na základě výsledků měření hotového vývalku, určeného náhodným výběrem, provedené závislou kontrolou, ihned po provedeném seřízení a zároveň minimálně čtyřikrát během směny. Při překročení stanovených tolerančních mezí

nebo při jejich přiblížení, provede přední valcír seřízení stolice hotovního pořadí HP7.

2. **Cíl:** Pomocí SPC provádět průběžnou regulaci procesu válcování, podat včasný signál o vybočení procesu z předpokládaného vyhovujícího stavu a okamžitou reakcí provést seřízení. Z toho plyne další cíl, a to snížení výskytu neshodné výroby z titulu nedodržení tolerancí rozměru a zúžení skutečných rozměrových tolerancí, což může být konkurenční výhodou.
3. **Navrhovaný stav:** Regulace procesu válcování bude prováděna na základě průběžného hodnocení výsledků měření s včasným seřízením stolice HP7. Přední valcír bude provádět měření náhodně vybraného vývalku ihned po seřízení nebo každou hodinu. Častěji prováděné měření není pracovníkovi na obtíž (dostatečný časový prostor ve frekvenci dříve prováděné kontroly, vzorek odebírá jiný pracovník a přední valcír provádí následné měření, při dosažení celkového snížení neshodné výroby je pracovník vhodně motivován). Naměřené hodnoty jsou po zaznamenání vkládány do PC (program „*Statistika pro řízení jakosti*“ dostupná na všech PC v podniku) a průběžně vyhodnocovány. Na základě včasného signálu je provedeno jemné doladění seřízení stolice HP7.
4. **Efekt:** Statistická regulace procesu válcování je zkušebně realizována u úhelníků od začátku tohoto roku. Za leden až únor bylo vyrobeno 1,57 kt úhelníků (různých rozměrů), za toto období bylo identifikováno 0,5 t, tj. 0,000032 % neshodné výroby (pro nedodržení rozměru šířky ramene) z celkového množství úhelníků. V porovnání s minulým obdobím došlo ke snížení neshodné výroby o 0,00093 %, pro porovnání tj. 14,6 t za dva měsíce. Po provedení několika analýz rozměrů hotového výrobku (úhelníku) pracovníkem kontroly kvality, na základě záznamů měření nezávislé výstupní kontroly, bylo prokázáno zúžení skutečného tolerančního pole (šířka ramene) v průměru o 7 % (tj. o 0,14 mm) oproti předešlému období.

Pro porovnání jsou zde zobrazeny cílové regulační diagramy pro výběrové průměry před a po zavedení statistické regulace procesu u stejných tří druhů výrobků. Jsou sestrojeny na základě původních hodnot a hodnot získaných po zavedení regulace procesu, viz obr. 22.



Obr. 22 Cílové regulační diagramy pro výběrové průměry před a po zavedení SPC

### 9.3 Návrh zavedení automatické regulace procesu

1. **Původní stav:** Regulace procesu se neprovádí automaticky, ale je prováděna ručním seřizováním nastavení HP7 na základě výsledku manuálního měření vývalku.
2. **Cíl:** Zavedením automatické regulace procesu snížit pracnost a zvýšit přesnost regulace.
3. **Navrhovaný stav:** V případě modernizace válcovací tratě, konkrétně zavedením automatického měření rozměrů pomocí „snímací hlavy“ a jejím propojením s automatickým nastavováním stolice hotovního pořadí HP7, při použití vhodného softwaru, bude prováděna přesná regulace procesu se současnou minimalizací nežádoucích vlivů.
4. **Efekt:** V současné době se s modernizací nepočítá, efekt je proto pouze předpokládaný, ale lze předpokládat, že s určitostí dojde ke snížení pracnosti a automatická regulace bude mít rovněž pozitivní vliv na zúžení skutečných tolerancí.

### 9.4 Analýza způsobilosti procesu

1. **Původní stav:** V současné době se způsobilost procesu nesleduje.
2. **Cíl:** Je žádoucí vyjadřovat způsobilost výrobního procesu kvantitativně pomocí indexů způsobilosti pro jejich dobrou vypovídací schopnost, jednoduchost, srozumitelnost a názornost.
3. **Navrhovaný stav:** Údaje z vyhodnocování způsobilosti procesu budou podrobně

analyzovány v měsíčních přehledech a na základě získaných výsledků budou přijata nápravná nebo preventivní opatření, směřující k zlepšování kvality výrobků i zlepšení technologie výroby.

4. **Efekt:** Způsobilost procesu je pravidelně vyhodnocována pracovníkem KK od počátku letošního roku (prozatím pouze u úhelníků). Bylo přijato nápravné opatření, kdy na základě vyhodnocování výsledků měření je prováděno průběžné jemné doladění seřízení stolice HP7. Došlo k zvýšení koeficientu  $C_{pk}$  v průměru na 1,50 a rovněž i ke snížení neshodné výroby z důvodu nedodržení tolerance rozměru u úhelníků.

## 9.5 Změna dokumentovaných postupů

1. **Původní stav:** Postupy měření kontroly, včetně provádění záznamů a postup provádění seřízení stolice hodovního pořadí HP7 jsou popsány v současných OŘA závodu. Tento popis je nedostatečný. Chybí zde záznamy měření závislé kontroly a podrobná specifikace postupu seřizování.
2. **Cíl:** Zpracovat podrobnější a přesnější postupy k účinnému provádění statistické regulace procesu.
3. **Navrhovaný stav:** Podrobný popis regulace procesu válcování, včetně způsobu měření, včetně záznamu dat a podrobnější postup seřizování stolice HP7, je navržen v aktualizované verzi DTP 01 a PŘZ 15. Aktualizace bude uskutečněna po provedené analýze neshodné výroby za první pololetí roku 2011 a po schválení trvalé regulace procesu válcování vedením závodu.
4. **Efekt:** Výše navrhované postupy jsou stručně a srozumitelně popsány v současném Prozatímním DTP, na základě kterého jsou prováděny požadované činnosti. Při aktualizaci DTP 01a PŘZ 15 (viz výše) budou zapracovány i případné připomínky a náměty, získané v prvním pololetí.

## 9.6 Návrh ke zlepšení systému měření

1. **Původní stav:** Prověřením současného systému měření bylo prokázáno, že systém *může být přijatelný*, viz kapitola 8.2.
2. **Cíl:** Zlepšit systém měření.
3. **Navrhovaný stav:** Předpokládá se, že měřidlo je v pořádku (viz kapitola 7.4 Kalibrace měřidel), proto není nutný zásah do vnitřního systému. Měla by se však

zajistit pravidelná údržba měřidla, hlavně dotykových částí, jako je třeba čištění hadříkem. Před měřením rovněž očistit měřenou část vývalku od okují a jiných případných nečistot. Zajistit opatrné zacházení s měřidlem i měřenou částí, aby nedošlo k poškození měřené plochy. Po provedení měření, ukládat měřidlo na určené místo (do pouzdra).

4. **Efekt:** Výše uvedené návrhy byly zapracovány do „*Zásad správného používání měřidel*“ Příloha 01 PRŽ 10 Řízení monitorovacích a měřících zařízení. Tyto zásady jsou dodržovány a kontrolovány.

## 10 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navržení zavedení statistické regulace na proces válcování tyčí.

V první části je charakterizován podnik ŽDB GROUP a.s., následuje zmínka o významných historických meznících, výrobním programu závodu a systému řízení. Následně je charakterizován výrobní proces a produkty provozu Válcovna, včetně technologického zařízení.

V třetí části je provedena analýza kvality a sortimentu výroby za období roku 2007 až 2010. Na základě této analýzy byl vybrán nejvhodnější výrobek (tyče průřezu rovnoramenného a nerovnoramenného L) a znak kvality (šířka ramene) pro statistickou regulaci procesu.

Teoretická část popisuje teoretická východiska zpracovávané problematiky statistické regulace procesu a hodnocení způsobilosti, včetně přípravných fází.

Dále následuje analýza současného stavu regulace výroby a kontroly produktu.

Praktická část začíná přípravnou fází SPC, přechází k analýze systému měření, ověření normality a nezávislosti dat, následuje fáze zabezpečování statistické zvládnutosti procesu s použitím cílových regulačních diagramů a končí ověřením způsobilosti procesu.

Výstupem praktické části jsou náměty ke zlepšení, viz tab. 8.

Tabulka 8. Aplikace námětů ke zlepšení

P.č.	Náměty ke zlepšení	Aplikace
1.	Záznamy z měření závislé kontroly, včetně návrhu formuláře.	Zavedeno
2.	Průběžná regulace procesu.	Zavedeno
3.	Automatické regulace procesu.	Navrženo
4.	Provádění analýz způsobilosti procesu.	Zavedeno
5.	Změna dokumentovaných postupů.	Zavedeno
6.	Návrh ke zlepšení systému měření.	Zavedeno

Výše uvedené náměty byly již z větší části aplikované do praxe (viz kapitola 9) nebo jejich zavedení je prozatím z ekonomických důvodů nereálné (viz 9.3 Automatická regulace procesu).

Záleží pouze na vedení závodu Válcovna, ocelárna a recyklace, zda uvedené, či realizované náměty využije i pro další typy výrobků, v rámci zkvalitnění válcovaných produktů i celého SMK.

## 11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Analýza systému měření (MSA, 3. Vyd., 2002)*, Česká společnost pro jakost, 2003, 234 s. ISBN 80-02-01562-2
- [2] BOHUŠ M.: *Disertační práce – Praktické aspekty analýzy způsobilosti procesů*, Ostrava, 2008
- [3] ČSN ISO 8258 *Shewhartovy regulační diagramy*, Český normalizační institut, Praha, 1993
- [4] DIETRICH, E.- SCHULTZE, A.: *Statistische Verfahren zur Maschinen und Prozessqualifikation*, München, HANSER, 2009, ISBN 978-3-446-41525-6
- [5] DIETRICH, E. - SCHULZE, A.: *Prüfprozesseignung*, München, 2007, HANSER, ISBN-10: 3-446-40732-4
- [6] HERING, E.– TRIEMEL, J.–BLANK, H-P.: *Qualitätsmanagement für Ingenieure*, Berlin, Springer, 2003, ISBN 3-540-65092-X
- [7] KLINER, A.: *Výroba za tepla válcovaných tyčí DTP 01/6*, ŽDB GROUP a.s zVOaR, Bohumín, 2010
- [8] KOCUR, R.: *Diplomová práce - Stanovení tření při válcování oceli v tvarových kalibrech v podmínkách jemné trati ŽDB GROUP a.s Bohumín*, Ostrava, 2009
- [9] Linß, G.: *Qualitätsmanagement für Ingenieure mit Handbuch „Qualitätsmanagement“ auf CD-ROM*, München, Fachbuchverlag Leipzig, 2005, ISBN 3-446-22821-7
- [10] MONTGOMERY, D.C.: *Introduction to statistical quality Control*, John Willey & Sons, Inc. ISBN 0-471-31648-2. 796 s.
- [11] NENADÁL, J. - NOSKIEVIČOVÁ, D. – PETŘÍKOVÁ, R. – PLURA, J. – TOŠENOVSKÝ, J.: *Moderní management jakosti*. Praha. MANAGEMENT PRESS, 2008, ISBN 978-80-7261-186-7.
- [12] NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody v řízení jakosti*, Ostrava, VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA 1996, ISBN 80-7078-318-4
- [13] PLURA, J.: *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*, Praha, Computer Press 2001, ISBN 80-7226-543-1
- [14] Řád 1/3 *Organizační řád ŽDB GROUP a.s.*, Bohumín, 2007



- [15] TOŠENOVSKÝ, J. – NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody pro zlepšování jakosti*, Ostrava. MONTANEX, 2000, ISBN 80-7225-040-X.
- [16] *Výroční zprávy*, ŽDB GROUP a.s. Bohumín, 2000 – 2007
- [17] WOSKA, B.: *Bakalářská práce - Analýza postupů ověřování shody produktů*, Ostrava, 2009
- [18] WOSKA, B.: *Monitorování a měření produktu PŘZ 15/14*, ŽDB GROUP a.s. zVOaR, Bohumín, 2010
- [19] WOSKA, B.: *Řízení neshodného produktu PŘZ 25/*, ŽDB GROUP a.s. zVOaR, Bohumín, 2010

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Schéma systému managementu kvality

Příloha č. 2 Organizační a řídicí struktura společnosti a závodů

Příloha č. 3 Mapa procesů závodu Válcovna, Ocelárna a Recyklace

Příloha č. 4 Schéma uspořádání výrobního zařízení v provozu Válcovna

Příloha č. 5 Znaky kvality za tepla válcovaných tyčí

Příloha č. 6 „*Hlášení nejakostní výroby*“ a „*Hlášení o přecházení do jiné třídy*“

Příloha č. 7 Záznam o měření v provozu Válcovna

Příloha č. 8 „*Záznamu o měření závislé kontroly provozu Válcovna*“

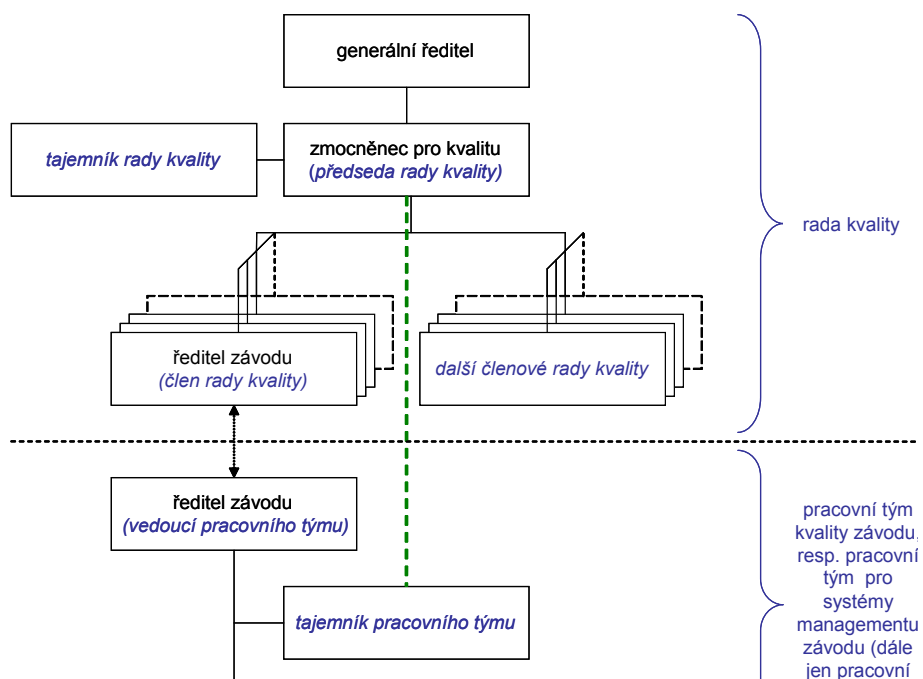
Příloha č. 9 Matice zodpovědnosti

Příloha č. 10 Výsledky výpočtů lineární transformace naměřených hodnot

Příloha č. 11 Histogramy pro UH20 a UH30

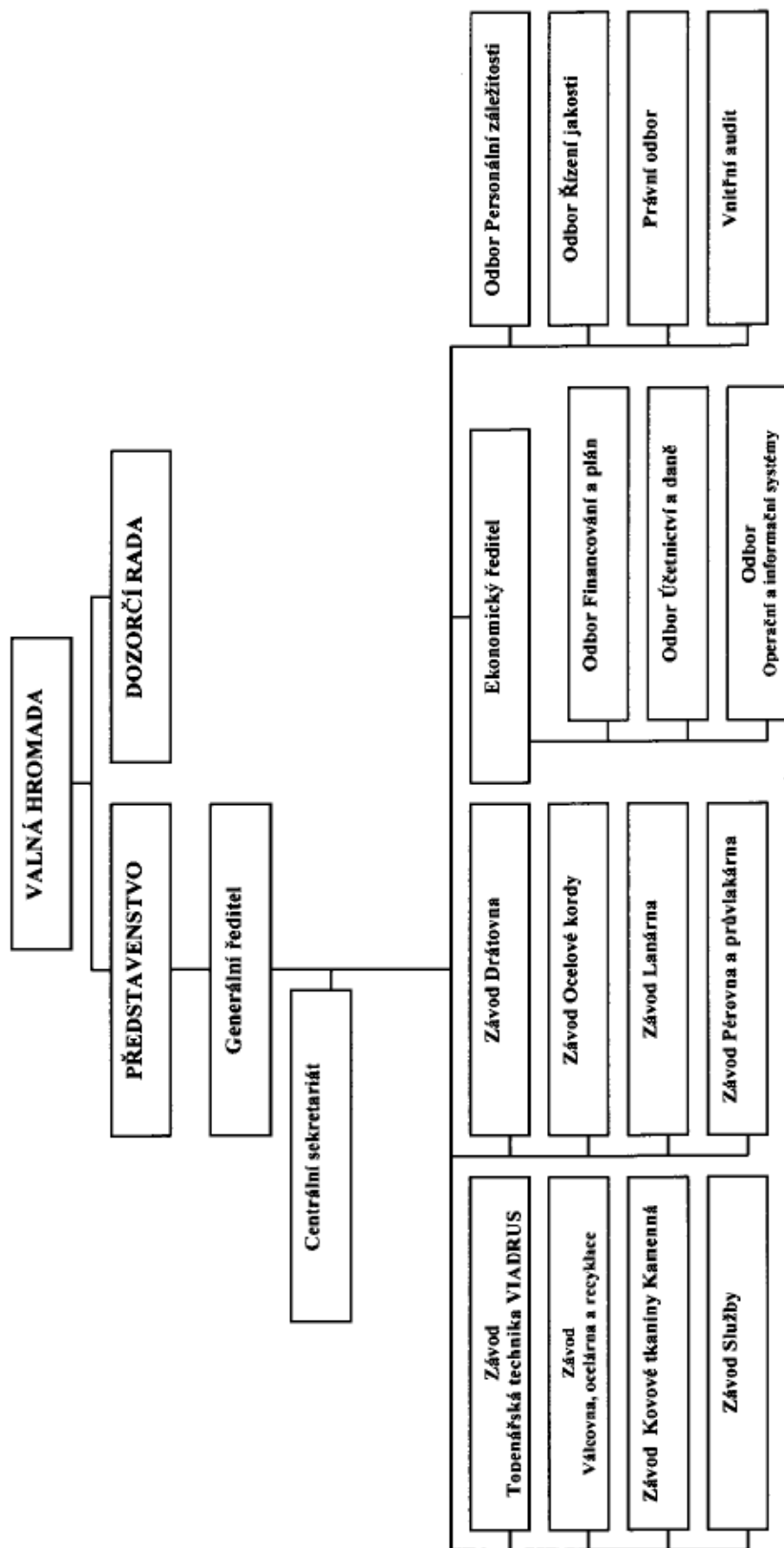
## Příloha č. 1 Schéma systému managementu kvality

### Funkční schéma QMS v ŽDB GROUP a.s. jednotné pro celou ŽDB GROUP



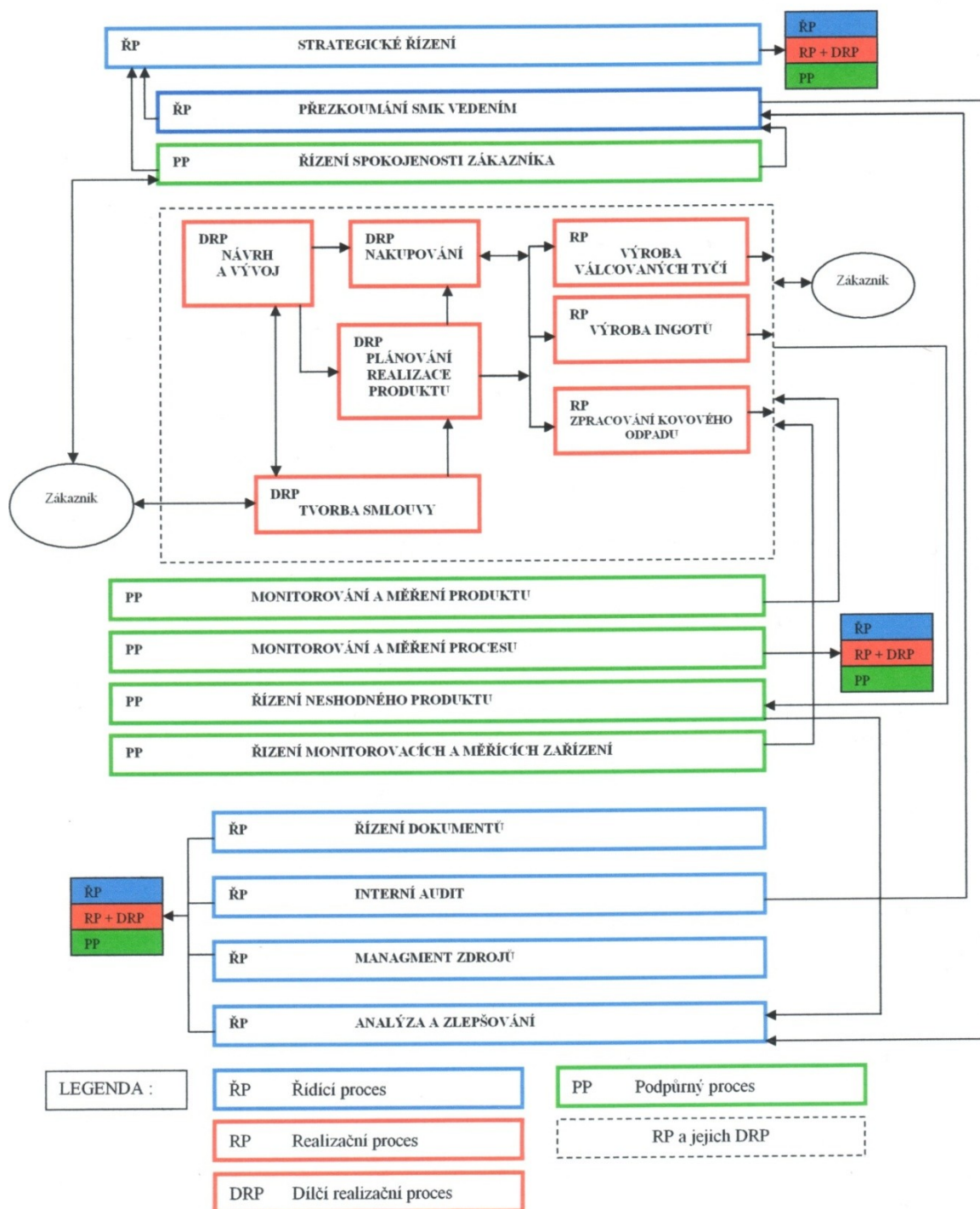
Příloha č. 2 Organizační a řídicí struktura společnosti a závodů

ZÁKLADNÍ ORGANIZAČNÍ SCHÉMA ŽDB GROUP A.S.

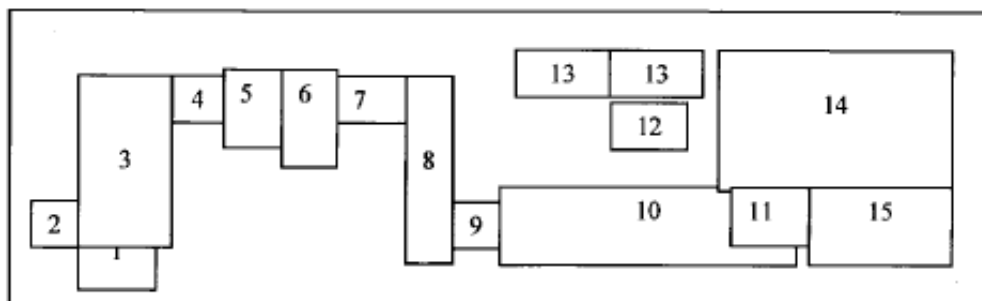


### Příloha č. 3 Mapa procesů závodu Válcovna, Ocelárna a Recyklace

*Mapa procesů zVOaR*



#### Příloha č. 4 Schéma uspořádání výrobního zařízení v provozu Válcovna



1	Tlačný stroj
2	Stahovač sochorů
3	Ohřívací pec
4	Vysokotlaký ostřík okují
5	Předválcovací TRIOstolice s kyvnými stoly
6	Dvoustoličné předhotovni pořadí
7	Dělicí nůžky
8	Hotovni pořadí
9	Letmé nůžky
10	Chladicí lože
11	Pila BRAUN a koncové nůžky
12	Váha
13	Rovnačky
14	Sklad válcovaného materiálu
15	Úpravna

## Příloha č. 5 Znaky kvality za tepla válcovaných tyčí

### Znaky kvality za tepla válcovaných tyčí

Tyče	Znaky kvality	Standard	Třída II.A
Tyče kruhové	Průměr	ø 10-15 mm: ± 0,4 mm	ø 10-15mm: ± 0,6 mm
		ø nad 15mm: ± 0,5mm	ø nad 15mm: ± 0,8mm
	Ovalita	max. 75 % tolerančního pole	max. 75 % tolerančního pole
	Přímost	max. 1 % celé délky	max. 2 % celé délky
	Povrchové nedokonalosti	max. 0,5 mm	max. 0,8 mm
Tyče čtvercové	Délka strany	do 15mm: ± 0,4 mm	do 15 mm: ± 0,6 mm
		nad 15 mm: ± 0,5 mm	nad 15 mm: ± 0,8 mm
	Přímost	max. 1 % celé délky	max. 2 % celé délky
	Zkroucení	do 14 mm: 4°/m; max. 24°	6°/m; max. 36°
		nad 14 mm: 3°/m; max. 18°	6°/m; max. 36°
	Poloměr zaoblení	do 12 mm: r≤1mm	r≤2 mm
		12-20 mm: r≤1,5 mm	r≤3 mm
		nad 20 mm: r≤2 mm	r≤4 mm
Tyče ploché	Kolmost	max. 1,5 mm	max. 3 mm
	Povrchové nedokonalosti	max. 0,5 mm	max. 0,8 mm
	Šířka	do 40 mm: ±0,75mm	do 40 mm: ± 1mm
		nad 40 mm: ± 1mm	nad 40 mm: ± 1,5mm
	Tloušťka	± 0,5 mm	± 0,8 mm
Tyče T	Přímost	max. 0,4 % celé délky	max. 0,8 % celé délky
	Kolmost	max. 0,5 mm	max. 0,8 mm
	Povrchové nedokonalosti	max. 0,5 mm	max. 0,8 mm
	Výška stojiny	± 1,0 mm	± 1,5 mm
	Šířka příruby	± 1,0 mm	± 1,5 mm
Tyče T rovnoramenné	Tloušťka stojiny	± 0,5 mm	± 0,75 mm
	Tloušťka příruby	± 0,5 mm	± 0,75 mm
	Přímost	max. 0,4 % celé délky	max. 0,8 % celé délky
	Povrchové nedokonalosti	max. 0,5 mm	max. 0,8 mm
	Šířka ramen	± 1,0 mm	± 1,5 mm
Tyče L rovnoramenné a nerovnoramenné	Tloušťka	± 0,5 mm	± 0,75 mm
	Přímost	max. 0,4 % celé délky	max. 0,8 % celé délky
	Povrchové nedokonalosti	max. 0,5 mm	max. 0,8 mm
	Kolmost	max. 1 mm	max. 1,5 mm
Tyče speciální	Rozměry dle výkresů a technických podmínek.		
	Přímost rovnané	max. 0,4 mm	max. 0,8 mm
	Povrchové nedokonalosti	max. 0,5 mm	max. 0,8 mm
Celý sortiment	Mechanické vlastnosti	Rozsah dle příslušných norem a předpisů	Nedodržení předepsaného rozsahu mechan. vlastností

**Příloha č. 6 „Hlášení nejakostní výroby“ a „Hlášení o přeražení do jiné třídy“**

HLÁŠENÍ NEJAKOSTNÍ VÝROBY č. 419 Datum: 13.09.2010 Směna: 1  
Vystavil: vwoska Vyhodnotil: Rozhodl:

Změna uvolnění č. 0. Číslo a řádek hodnocení produkce : 0 0

Zakázka: Stádium: Výkres:

Výrobní dávka: 11232 8 Jakost: S235JR Rozměr: UH40/3 6B

Záměr: Z00 Nejakostní výroba Parametr:

Úprava: 42 valcovany, rezany, rovnany

Množství nejakostní výroby: 1.00 jednotek, 1510.00 kg.

Poznámka : nedodržena tol. rozměru šířky ramene (válc. sm. B)



Zaviněno	Zjištěno	Typ *	Kód vadného výrobku	Známka	Rozhodnutí
provoz	úsek	provoz	úsek	vady*druh	příčina
profese	st.zavin	viníka	o neshodě		
JT	TR	JT	UPR	02 *	

Hodnota nejak.výroby: Kč. Rozhodnutí o náhradě: Kč.

Nápravná opatření:

## Hlášení o přeražení do jiné třídy

výrobek	tavba	jakost	kg	vada	směna
UH35/5	110956	S235JR	3504	M/MO	A
				ROZMĚR	

Pořadové číslo	4/červen	Podpis mistra	
Datum	18.6.2010	Vystavil za KK	

**ZDB GROUP a.s.** 1  
ZÁVOD VÁLCOVNA, OCELÁRNA  
A RECYKLACE  
KONTROLA JAKOSTI



## Záznam o měření v provozu Válcovna

[illegible]

Vyhotovil za KK :

datum :



## Příloha č. 9 Matice zodpovědnosti

### Matice odpovědnosti za dílčí činnosti při sběru dat pro statistickou regulaci procesu

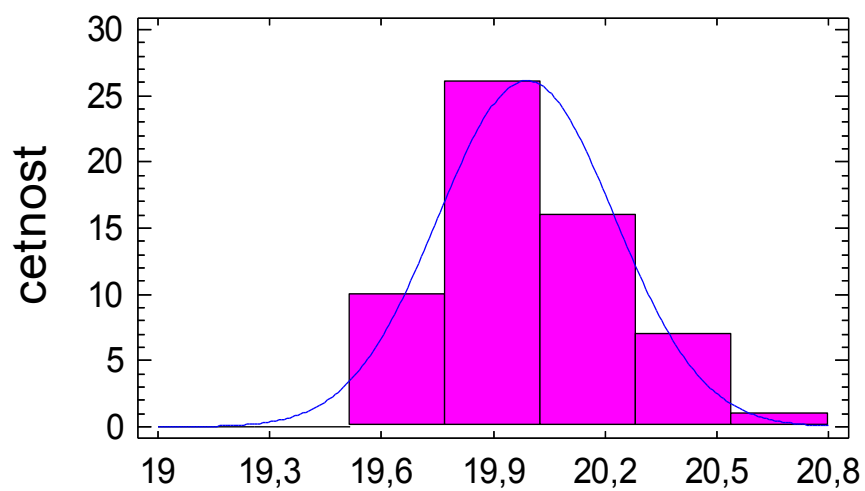
<b>Pracovní funkce</b>  <b>Název činnosti</b>	<b>1. valcír</b>	<b>Přední valcír</b>	<b>Pracovník OKK</b>
<b>Odběr vzorku</b>	<b>X</b>		
<b>Měření</b>		<b>X</b>	
<b>Záznam naměřených hodnot</b>		<b>X</b>	
<b>Přepis hodnot (Tab. 5 v DP)</b>			<b>X</b>
<b>Celkový dohled</b>			<b>X</b>

**X – pracovník vykonávající danou činnost**

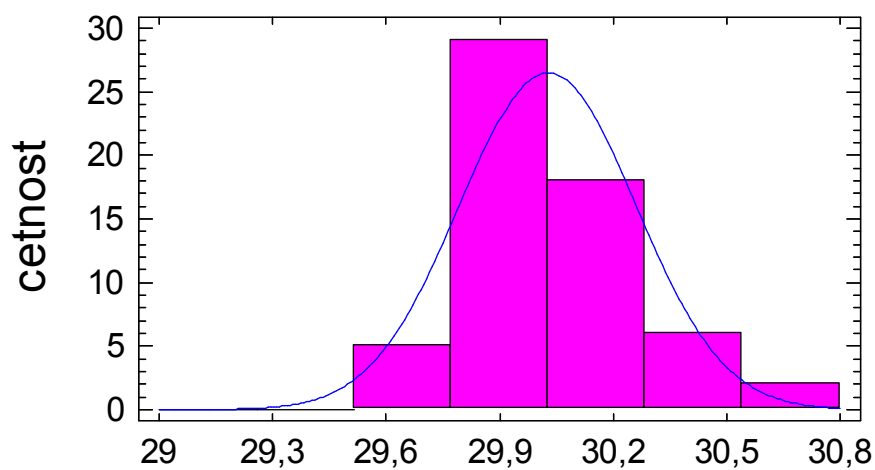
**Příloha č. 10 Výsledky výpočtů lineární transformace naměřených hodnot**

Výrobek	j	Transformace hodnot (viz 10)				$\bar{Y}_j$	$\bar{Y}$	$s_j$ [17]	$\hat{\sigma}$ (viz 12)
		$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$				
1	1	0,35	1,11	0,48	0,39	0,583	0,506	0,356	0,121
	2	0,465	0,31	0,525	0,4	0,425		0,092	
	3	0,6	0,435	0,47	0,525	0,506		0,072	
	4	0,43	0,57	0,485	0,61	0,524		0,081	
	5	0,51	0,355	0,475	0,42	0,44		0,068	
	6	0,32	0,49	0,53	0,41	0,438		0,093	
	7	0,655	0,4	0,49	0,565	0,528		0,109	
	8	0,47	0,55	0,425	0,675	0,53		0,110	
	9	0,445	0,615	0,73	0,515	0,576		0,124	
	10	0,335	0,52	0,42	0,665	0,485		0,142	
	11	0,76	0,47	0,595	0,68	0,626		0,124	
	12	0,825	0,595	0,65	0,61	0,67		0,106	
	13	0,285	0,475	0,335	0,42	0,379		0,085	
	14	0,32	0,515	0,375	0,43	0,41		0,083	
	15	0,485	0,38	0,4	0,495	0,44		0,058	
2	16	0,4	0,485	0,595	0,43	0,476		0,086	
	17	0,375	0,475	0,575	0,445	0,468		0,083	
	18	0,645	0,595	0,39	0,465	0,524		0,117	
	19	0,485	0,575	0,44	0,61	0,528		0,079	
	20	0,48	0,55	0,51	0,67	0,553		0,083	
	21	0,525	0,595	0,47	0,76	0,588		0,126	
	22	0,435	0,45	0,46	0,635	0,495		0,094	
	23	0,56	0,475	0,535	0,81	0,595		0,104	
	24	0,67	0,44	0,57	0,74	0,605		0,130	
	25	0,46	0,635	0,525	0,735	0,589		0,122	
	26	0,575	0,795	0,465	0,535	0,593		0,142	
	27	0,295	0,485	0,43	0,39	0,4		0,080	
	28	0,51	0,32	0,47	0,415	0,429		0,082	
	29	0,395	0,325	0,53	0,445	0,424		0,086	
	30	0,465	0,31	0,435	0,545	0,438		0,098	
3	31	0,58	0,43	0,28	0,475	0,441		0,125	
	32	0,36	0,625	0,425	0,465	0,469		0,113	
	33	0,525	0,365	0,655	0,435	0,495		0,125	
	34	0,375	0,605	0,46	0,69	0,533		0,142	
	35	0,625	0,38	0,53	0,7	0,428		0,205	
	36	0,47	0,445	0,745	0,54	0,55		0,136	
	37	0,6	0,7	0,58	0,48	0,59		0,090	
	38	0,505	0,475	0,59	0,805	0,594		0,149	
	39	0,47	0,615	0,84	0,55	0,619		0,159	
	40	0,525	0,88	0,605	0,49	0,625		0,177	
	41	0,285	0,36	0,405	0,505	0,389		0,092	
	42	0,56	0,335	0,445	0,37	0,428		0,100	
	43	0,455	0,325	0,41	0,54	0,433		0,090	
	44	0,375	0,48	0,55	0,425	0,458		0,075	
	45	0,51	0,395	0,42	0,54	0,466		0,070	

## Příloha č. 11 Histogramy pro UH20 a UH30



**Histogram pro UH20**



**Histogram pro UH30**